

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

Gabriel de Araujo Lopes

**PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE FRUTAS DE CLONES DE  
MORANGUEIRO EM SISTEMA FECHADO DE CULTIVO SEM SOLO**

Santa Maria, RS  
2023

**Gabriel de Araujo Lopes**

**PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE FRUTAS DE CLONES DE  
MORANGUEIRO EM SISTEMA FECHADO DE CULTIVO SEM SOLO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Agronomia.**

Orientador: Prof. Nereu Augusto Streck, PhD.

Santa Maria, RS  
2023

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001

Lopes, Gabriel de Araujo  
Produtividade e qualidade de frutas de clones de  
morangueiro em sistema fechado de cultivo sem solo /  
Gabriel de Araujo Lopes.- 2023.  
66 p.; 30 cm

Orientador: Nereu Augusto Streck  
Coorientadores: Dilson Antônio Bisognin, Alencar  
Junior Zanon  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós  
Graduação em Agronomia, RS, 2023

1. Fragaria x ananassa 2. Modelo de crescimento 3.  
Sustentabilidade 4. Inovação 5. Eficiência no uso de  
recursos I. Streck, Nereu Augusto II. Bisognin, Dilson  
Antônio III. Zanon, Alencar Junior IV. Título.

sistema de geração automática de ficha catalográfica da USP. dados fornecidos pelo  
autor(s). sob supervisão da direção da divisão de processos técnicos da biblioteca  
central. bibliotecária responsável paula schoenfeldt vatta cma 10/1728.

Declaro, GABRIEL DE ARAUJO LOPES, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Dissertação) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

**Gabriel de Araujo Lopes**

**PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE FRUTAS DE CLONES DE  
MORANGUEIRO EM SISTEMA FECHADO DE CULTIVO SEM SOLO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Agronomia.**

Aprovado em 10 de fevereiro de 2023

---

**Nereu Augusto Streck, PhD. (UFSM)**  
**(Presidente/Orientador)**

---

**Dilson Antônio Bisognin, PhD. (UFSM)**  
**(Coorientador)**

---

**Lilian Osmari Uhlmann, Dra. (UFSM)**  
**(Examinadora)**

---

**Luana Fernandes Tironi, Dra. (EMATER/RS - ASCAR)**  
**(Examinadora)**

Santa Maria, RS  
2023

## **DEDICÁTORIA**

**Dedico**

A todos que estão ao meu lado nesta caminhada.

## AGRADECIMENTOS

É extremamente gratificante chegar ao final de uma etapa tão importante da vida e perceber que há tantas pessoas a agradecer.

Agradeço, primeiramente, à Deus pela vida e por ter me conduzido até aqui.

À minha família, em especial à minha mãe Cilda Fuchs Lopes, ao meu pai Adão Erotildes de Araujo Lopes e meu irmão Evandro de Araujo Lopes, por todo amor verdadeiro e apoio em todos os momentos, porque sempre acreditaram na minha capacidade e tudo que conquistei na minha vida só foi possível graças a vocês.

À minha namorada, Mariana Schopf Azlter, por ser minha companheira e amiga em todos os momentos, agradeço pelo carinho, amor, apoio e suporte durante este período.

À família do produtor Milton Cauzzo por abrir as porteiras da sua propriedade para condução de experimento *on farm*.

Aos Professores Nereu Augusto Streck e Dilson Antônio Bisognin, pela orientação, credibilidade em mim depositada, atenção, dedicação e conhecimentos transmitidos durante esta etapa.

À Universidade Federal de Santa Maria, pela contribuição na minha formação acadêmica, pelo ensino público e gratuito de qualidade.

À Pró-Reitoria de Assuntos Estudantis (PRAE) pela concessão de moradia e alimentação gratuita nos cinco anos de graduação e durante os últimos dois semestres do mestrado que reabriu suas atividades acadêmicas presenciais.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida de Mestrado Acadêmico para Inovação (Projeto nº: 130869/2021-0) em parceria com a Empresa QP Mudás.

À professora Lilian Osmari Ulmann e a extensionista Luana Fernandes Tironi, por aceitarem avaliar este trabalho.

Aos colegas do Núcleo de Melhoramento e Propagação Vegetativa de Plantas, pelas contribuições na realização deste trabalho.

A todas as pessoas que de uma forma ou de outra contribuíram para o meu crescimento, seja ele acadêmico ou pessoal.

Meu muito obrigado.

## **EPIGRAFE**

“Ama-se mais o que se conquista com esforço”.

Benjamin Disraeli.

## RESUMO

### PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE FRUTAS DE CLONES DE MORANGUEIRO EM SISTEMA FECHADO DE CULTIVO SEM SOLO

AUTOR: Gabriel de Araujo Lopes  
ORIENTADOR: Nereu Augusto Streck

O morango é uma das frutas mais apreciadas pela população mundial, devido ao sabor, a cor e o aroma. No Brasil, a cultura vem expandindo, em área e produção, e desempenha um importante papel socioeconômico, porém as principais cultivares utilizadas são desenvolvidas em outros países. Para ter acesso, os produtores dependem da importação de mudas de raiz nua, que é uma exigência legal e apresenta altos índices de mortalidade após o transplante. Este trabalho teve como objetivo comparar a produtividade e a qualidade de frutas de quatro clones de morangueiro em colheitas sucessivas. Os experimentos foram conduzidos no delineamento inteiramente casualizados, em dois locais no município de Santa Maria – RS, nos anos de 2021 e 2022, em duas datas de plantio em cada ano. O primeiro experimento foi realizado de forma *on farm* para validar a produtividade e a qualidade de frutas de três clones de morangueiro em lavoura comercial. Os outros três experimentos foram realizados na área experimental do Departamento de Fitotecnia de Universidade Federal de Santa Maria. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias dos clones foram comparadas pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro. Nestes estudos foram avaliados o número e a massa fresca das frutas, o teor de sólidos solúveis totais, a acidez titulável, o pH, a relação de sólidos solúveis totais e a acidez titulável e a cor foi determinada por reflectância pelo sistema CIELAB. Os dados quantitativos foram aplicados em uma função sigmoide de uma equação logística, com os coeficientes da fórmula foi atribuído o potencial produtivo, o ponto de inflexão e a taxa de crescimento do número ou massa fresca de frutas de cada clone. Essas informações podem ajudar a otimizar as práticas atuais de manejo do morangueiro para aumentar a eficiência no uso de recursos.

**Palavras-chave:** *Fragaria* × *ananassa*. Modelo de crescimento. Sustentabilidade. Inovação. Eficiência no uso de recursos.

## ABSTRACT

### YIELD AND FRUIT QUALITY FROM STRAWBERRY CLONES IN CLOSED SOILLESS CULTIVATION SYSTEM

AUTHOR: Gabriel de Araujo Lopes

ADVISOR: Nereu Augusto Streck

Strawberry is one of the most appreciated fruits by the world population, due to its flavor, color and aroma. In Brazil, the crop has been expanding, in area and production, and plays an important socioeconomic role, however the main cultivars used are developed in other countries. To gain access, producers depend on importing bare-root seedlings, which is a legal requirement and has high mortality rates after transplantation. This work aimed to compare the productivity and fruit quality of four strawberry clones in successive harvests. The experiments were carried out in a completely randomized design in two locations in the municipality of Santa Maria - RS, in the years 2021 and 2022 on two planting dates in each year. The first experiment was carried out on the to validate the yield and fruit quality of three strawberry clones in a commercial field. The other three experiments were carried out in the experimental area of the Departamento de Fitotecnia of the Universidade Federal de Santa Maria. The data were submitted to analysis of variance and the means of the clones were compared by the Scott-Knott test, at 5% probability of error. In these studies, the number and fresh mass of the fruits, the total soluble solids content, the titratable acidity, the pH, the ratio of total soluble solids and the titratable acidity were evaluated and the color was determined by reflectance by the CIELAB system. The quantitative data were applied in a sigmoid function of a logistic equation, with the coefficients of the formula the productive potential, the inflection point and the growth rate of the number or fresh mass of fruits of each clone were assigned. This information can help optimize current strawberry management practices to increase resource efficiency.

**Keywords:** *Fragaria* × *ananassa*. Growth model. Sustainability. Innovation. Efficiency in the use of resources.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

- Figura 1. Temperaturas máximas e mínimas diárias do ar (°C) e fotoperíodo (h) durante os experimentos em Santa Maria, RS. Seta de cor vermelha e azul indicam a primeira e a segunda data de plantio, respectivamente, no ano de 2021 (A) e 2022 (B).....55
- Figura 2. Desenho esquemático do sistema fechado de cultivo sem solo com areia grossa como substrato (A), substrato comercial (B), sistema fechado de cultivo sem solo com areia grossa como substrato construído no produtor (C) e substrato comercial construído no Departamento de Fitotecnia da UFSM (D). Santa Maria, RS, 2021/2022. ....56
- Figura 3. Produção semanal e acumulada do número (A, B) e massa fresca de frutas de morango (C, D) durante o período de colheita de frutas do primeiro experimento (plantio em 18/06/2021). Santa Maria, RS, 2021. ....57
- Figura 4. Produção semanal e acumulada do número (A, B) e massa fresca de frutas de morango (C, D) durante o período de colheita de frutas do segundo experimento (plantio em 01/07/2022). Santa Maria, RS, 2021. ....57
- Figura 5. Produção semanal e acumulada do número (A, B) e massa fresca de frutas de morango (C, D) durante o período de colheita de frutas do terceiro experimento (plantio em 29/04/2022). Santa Maria, RS, 2022. ....58
- Figura 6. Produção semanal e acumulada do número (A, B) e massa fresca de frutas de morango (C, D) durante o período de colheita de frutas do quarto experimento (plantio em 29/06/2022). Santa Maria, RS, 2022. ....58

## LISTA DE TABELAS

### REVISÃO DE LITERATURA

Tabela 1. Descrição e codificação dos principais estágios de desenvolvimento da cultura do morangueiro na escala BBCH. ....	24
---	----

### CAPÍTULO I

Tabela 1. Valores dos coeficientes a, b, e $X_0$ da equação logística $Y = a/[1+(X/X_0)^b]$ e valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) ajustados para as variáveis número e massa fresca (MF) acumulada durante o período de colheita de frutas de quatro clones de morango em quatro datas de plantio em dois anos. Santa Maria, RS, 2021/2022.....	51
Tabela 2. Número de frutas, massa fresca por planta e massa fresca média de frutas por planta durante o período de colheita de frutas de três clones de morango na data de plantio do dia 18/06/2021. Santa Maria, RS, 2021.....	52
Tabela 3. Número de frutas, massa fresca por planta e massa fresca média de frutas por planta durante o período de colheita de frutas de três clones de morango na data de plantio do dia 01/07/2021. Santa Maria, RS, 2021.....	52
Tabela 4. Número de frutas, massa fresca por planta e massa fresca média de frutas por planta durante o período de colheita de frutas de quatro clones de morango em duas datas de plantio. Santa Maria, RS, 2022.....	53
Tabela 5. Média geral das características qualitativas de frutas de quatro clones de morango em quatro datas de plantio em dois anos. Santa Maria, RS, 2021/2022.....	53
Tabela 6. Média das características qualitativas de frutas de quatro clones de morango em duas datas de plantio avaliadas em 28/11/2022. Santa Maria, RS, 2022.....	54

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1 OBJETIVOS .....	14
<b>1.1.1 Objetivo geral.....</b>	<b>14</b>
<b>1.1.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>14</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>15</b>
2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO .....	15
2.2 ORIGEM DO MORANGUEIRO.....	16
2.3 PROGRAMA DE MELHORAMENTO GENÉTICO DE MORANGUEIRO.....	17
<b>2.3.1 Aspectos gerais.....</b>	<b>17</b>
<b>2.3.2 Principais caracteres desejados em novas cultivares .....</b>	<b>18</b>
2.4 PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DE MUDAS DE MORANGO NO BRASIL ...	20
2.5 IMPORTÂNCIA DA ESCOLHA DA CULTIVAR .....	21
<b>2.5.1 Albion .....</b>	<b>21</b>
<b>2.5.2 PRA Estiva .....</b>	<b>22</b>
<b>2.5.3 San Andreas .....</b>	<b>22</b>
<b>2.5.4 Clone A .....</b>	<b>22</b>
2.6 FENOLOGIA DO MORANGUEIRO .....	23
2.7 SISTEMA DE CULTIVO PARA PRODUÇÃO DE FRUTAS DE MORANGO .....	25
<b>3 CAPÍTULO I .....</b>	<b>28</b>
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>59</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>60</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O morango (*Fragaria* × *ananassa* Duchesne) é a fruta mais cultivada no mundo. Pertence à família Rosaceae, do gênero *Fragaria*. A espécie que surgiu na França no século XVIII, com um cruzamento natural entre as espécies *Fragaria chiloensis* (endêmico do Chile) e *Fragaria virginiana* (nativo do leste dos Estados Unidos) (AMERI et al. 2020). Em 2020 a produção de frutas de morango foi de quase nove milhões de toneladas. Para a implantação da lavoura, a aquisição das mudas pode representar aproximadamente 25% do custo anual de produção (GONÇALVES; ANTUNES, 2016). O Brasil cultiva 5.279 hectares e mais de 75% das mudas são importadas de raiz nua (exigência legal) de viveiros da Argentina e do Chile (FAO, 2020; ALVES; MATOSO; PEIL, 2020; BARTH et al., 2022).

A cultura do morango tem um papel socioeconômico importante nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. É comum ocorrer atrasos na entrega das mudas, fazendo com que o plantio termine tarde, conseqüentemente atrasando o início da produção, e os produtores deixem de vender na entressafra, quando os preços pagos pela fruta são mais altos (ZEIST; RESENDE, 2019). É uma alternativa de diversificação da produção e renda para as propriedades familiares. Geralmente a área destinada para o cultivo varia de 0,2 a 2,0 hectares (ANTUNES; PEREZ, 2013). A produção é destinada ao consumo *in natura* e para a indústria alimentícia (LIN et al., 2022). Atualmente, a produção de morango em sistema convencional de cultivo enfrenta problemas com doenças, danos por insetos e altos custos de mão de obra (DEPARDIEU et al., 2016).

Para minimizar os riscos de contaminação com patógenos que são facilmente espalhados a longas distâncias por meio das mudas os produtores optam pelo uso de mudas importadas, pois a qualidade fitossanitária e fisiológica das mudas produzidas no Brasil é considerada de baixa. Perante a estas condições desfavoráveis para a compra das mudas, a Universidade Federal de Santa Maria, desenvolveu e obteve privilégio de propriedade intelectual (PI 1105802-1) de uma nova tecnologia de produção de mudas com torrão que possibilita qualidade e disponibilidade de mudas para os produtores na época mais adequada para o plantio (BISOGNIN et al., 2019).

A partir de 60 dias após o plantio, a lavoura começa a produzir suas primeiras frutas, sua colheita é realizada várias vezes ao longo do período produtivo, caracterizando a espécie com múltiplas colheitas na mesma planta. O começo da produção começa lentamente, passando por um crescimento muito rápido (exponencial) que depois decresce até estabilizar. Este tipo de resposta é descrito por uma curva sigmoideal (MISCHAN; PINHO; CARVALHO, 2011;

DIEL et al., 2020). Modelos de regressão não linear de base biológica podem ser usados para extrair o máximo de informações possível de um conjunto de dados. Eles fornecem a realidade do ciclo de produção em cada tratamento experimental, permitindo inferências e interpretações mais detalhadas (DIEL et al., 2019, 2020; SARI et al., 2018, 2019).

O produtor está interessado na produtividade de sua lavoura, pois é com a comercialização de sua produção que ele se remunera e se mantém na atividade, entretanto para um bom comércio é importante que a fruta tenha uma boa qualidade. A qualidade da fruta de morango é caracterizada por propriedades físicas (cor, tamanho e firmeza) e por propriedades químicas (pH, acidez e concentração de sólidos solúveis e de polifenóis) (CONTIGIANI et al., 2018; BIANCO et al., 2020; CHONG et al., 2022).

As instituições de pesquisa precisam validar seus resultados na realidade do produtor de morango, para difundir até o setor produtivo. Pesquisas *on farm* com produtores considerados líderes de comunidade é uma forma de validar e difundir os novos conhecimentos. Novas tecnologias somente serão insumos no âmbito comercial quando os pesquisadores entenderem a realidade dos produtores de morangos e desenvolverem soluções aplicáveis na prática. O processo de validação é muito importante, pois diminui os riscos de investimentos dos produtores em novos projetos ou para melhorar o seu atual sistema de produção.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Entender a produtividade e a qualidade de frutas de quatro clones de morangueiro.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- i) Avaliar a produtividade de número e massa fresca de frutas em colheitas sucessivas de morango;
- ii) Comparar a qualidade de frutas de diferentes clones de morango; e
- iii) Validar a produtividade e a qualidade de três clones de morango em lavoura comercial.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duchesne) é uma planta herbácea, de porte rasteiro e perene, de reprodução assexuada através dos estolões que são estruturas dotadas de meristemas de crescimento nas extremidades, dando origem a novas plantas, que se formam em série. Ou sexuada por meio das sementes que estão contidas nos aquênios. A propagação utilizada comercialmente é a vegetativa (assexuada) e a propagação por sementes é usada para fins de melhoramento genético. Dentre as pequenas frutas, o morango é a que tem a maior importância e expressão econômica no Brasil (ANTUNES; HOFFMANN, 2012), sendo cultivada em uma ampla área de distribuição geográfica devido à sua capacidade de adaptação a diferentes condições edafoclimáticas (FACHINELLO et al., 2011; MORALES et al., 2012). Em 2020 os países que mais se destacaram no seu cultivo foram os Estados Unidos, a China e o México (FAO, 2020).

Na América do Sul o morango é cultivado em aproximadamente 13 mil hectares e produz cerca de 350 mil toneladas de frutas de morango, sendo o Brasil o maior produtor, com uma produção de aproximadamente 120 mil toneladas em aproximadamente 4 mil hectares (KIRSCHBAUM et al., 2017). Os principais estados produtores são Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul e São Paulo (BANDEIRA, 2012; ANTUNES; VIGNOLO; GONÇALVES, 2014; FAGHERAZZI et al., 2017).

No Brasil, o cultivo de morangueiro tem abrangência principal em pequenas propriedades e nos últimos anos há uma tendência crescente, tanto em área cultivada quanto em produção (WITTER et al., 2012; ANTUNES; PEREZ, 2013; ALVES; MATOSO; PEIL, 2020). A cultura do morangueiro desempenha um importante papel socioeconômico nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, com produção destinada ao consumo *in natura* e para a indústria alimentícia (MAZARO et al., 2013).

O cultivo do morangueiro gera rentabilidade aos agricultores (FACCHINELLO et al., 2011). A produção no País vem se expandindo a cada ano, principalmente por ser uma fruta apreciada pelos consumidores, devido à coloração, o sabor, o aroma e a textura (GIMÉNEZ; ANDRIOLO; GODÓI, 2008; MUSA et al., 2015). Embora a área de cultivo vem aumentando, todas as cultivares utilizadas são oriundas principalmente de programas de melhoramento dos Estados Unidos (CARPENEDO; ANTUNES; TREPTOW, 2016).

As cultivares plantadas no Brasil são classificadas como de dia curto, que são dependentes da temperatura e do fotoperíodo, necessitando condições especiais para entrarem na fase reprodutiva, e dia neutro, que são pouco sensíveis aos estímulos do fotoperíodo (COCCO et al., 2020). Os principais exemplos de cultivares de dia neutro são Albion, San Andreas, Aromas, Monterey, Diamante, Portola, e de dias curtos são Camarosa, Oso Grande, Camino Real, Benicia, Pircinque, sendo todas essas cultivares oriundas de programas de melhoramento genético conduzido em outros países (TAZZO et al., 2015).

Assim, um dos principais entraves agronômicos e comerciais dessa cultura atualmente é a dependência de cultivares desenvolvidas em outros países e, ainda, de mudas importadas de raiz nua. Essas mudas são entregues para os produtores a partir do mês de maio, fazendo com que a produção de frutas se inicie somente na primavera, quando a oferta de frutas é muito alta (safra) e os preços mais baixos praticados no mercado. O fato de os produtores não receberem as mudas na época mais adequadas para plantio (NASCIMENTO; PEREIRA, 2016), há um efeito negativo no crescimento e desenvolvimento das plantas, tanto no Brasil (GIMÉNEZ et al., 2009; ROSA et al., 2011; PEREIRA et al., 2013) como no exterior, por exemplo, Bangladesh (RAHMAN et al., 2014).

Neste sentido, a UFSM, através do Núcleo de Melhoramento e Propagação Vegetativa de Plantas (MPVP), desenvolveu e obteve privilégio de propriedade intelectual (PI 1105802-1) de uma nova tecnologia de produção de mudas com torrão, que proporciona precocidade de produção e reduz a mortalidade das plantas durante o ciclo (BISOGNIN et al., 2019), o que possibilita qualidade e disponibilidade de mudas para os produtores na época mais adequada para o plantio.

## 2.2 ORIGEM DO MORANGUEIRO

O morangueiro pertence a família Rosaceae, gênero *Fragaria* L. Atualmente, são conhecidas 24 espécies que foram agrupadas de acordo com a diferença de nível de ploidia, sendo 12 diplóides ( $2n=2x=14$ ), cinco tetraplóides ( $2n=4x=28$ ), uma hexaplóide ( $2n=6x=42$ ), duas octaplóides ( $2n=8x=56$ ), uma decaplóide ( $2n=10x=70$ ) e três espécies híbridas (HANCOCK; SJULIN; LOBOS, 2008; ROUSSEAU-GUEUTIN et al., 2009).

A espécie cultivada *F. x ananassa* é um híbrido que surgiu em meados de 1700, quando as plantas de *F. chiloensis* do Chile foram plantadas na França ao lado de *F. virginiana* proveniente do litoral leste dos Estados Unidos (DARROW, 1966). A hibridação combinou características, como o maior tamanho e firmeza das frutas provenientes da *F. chiloensis* com

coloração vermelho escuro e frutas mais aromáticas da *F. virginiana* (STEGMEIR et al., 2010). Esse cruzamento resultou em frutas muito aromáticas, lembrando o abacaxi (*Ananas comosus*), por isso os botânicos denominaram a nova espécie como *F. x ananassa* (DARROW, 1966).

Com a combinação das vantagens existentes em duas espécies octaplóides, a nova espécie octaplóide rapidamente se disseminou pela Europa e, posteriormente, para os outros continentes. Desde então, o morango se tornou a fruta mais cultivada do mundo, universalmente atraente devido às suas qualidades organolépticas e benefícios para a saúde humana (WHITAKER et al., 2020).

## 2.3 PROGRAMA DE MELHORAMENTO GENÉTICO DE MORANGUEIRO

### 2.3.1 Aspectos gerais

Os programas de melhoramento genético requerem a disponibilidade de um banco de germoplasma com variabilidade suficiente para gerar progênies promissoras. O conhecimento da diversidade presente no germoplasma disponível é importante para auxiliar na definição das estratégias a serem adotadas (MATHEY et al., 2017; WHITAKER et al., 2020). Existem mais de 40 programas de melhoramento genético de morango em todo o mundo. No Brasil, os programas de melhoramento do morango foram paralisados nas últimas décadas e, em consequência, as principais cultivares são importadas dos Estados Unidos, da Espanha, da Itália e de outros países (GALVÃO et al., 2017).

As cultivares desenvolvidas em outros países nem sempre expressam o seu potencial de produção, pois foram avaliadas em condições edafoclimáticas diferentes das existentes no Brasil. Tal fato mostra que a evolução do morangueiro no Brasil ainda é dependente de cultivares importadas, que não são bem adaptadas, sendo pouco produtivas em comparação ao seu país de origem e são suscetíveis a fatores bióticos e abióticos dos locais em que são produzidas (OLIVEIRA; BONOW, 2012). Desta forma, ainda existe a possibilidade de aumentar a produtividade por meio de diversas técnicas de cultivo e desenvolvimento de novas cultivares. As características mais buscadas em novas cultivares de morangueiro estão sendo incorporados por meio de estudos mendelianos e mais recentemente por marcadores moleculares (KUNIHISA, 2011; BARTH et al, 2019, 2020; WHITAKER et al., 2020).

Nos programas de melhoramento de plantas, o estudo da adaptabilidade e estabilidade de genótipos é um dos fatores de maior importância no desenvolvimento de novas cultivares, pois a expressão dos caracteres está condicionada ao controle genético, ao ambiente em que é

cultivado e à interação entre esses dois fatores. Em virtude disso, a probabilidade de sucesso no melhoramento genético depende muito da herança, adaptabilidade e estabilidade dos caracteres (ANTUNES et al., 2006). Há muito tempo a heterose vêm sendo estudada, no entanto, deve-se considerar as características intrínsecas do genoma do morangueiro cultivado, o qual é octaplóide e altamente heterozigótico (ROUSSEAU-GUEUTIN et al., 2009; LISTON; CRONN; ASHMAN, 2014; YANG; DAVIS, 2017).

As espécies mais utilizadas têm sido a *F. chiloensis* e *F. virginiana*, ancestrais do morangueiro cultivado, que hibridizam facilmente com as cultivares, obtendo alto número de indivíduos em progênes férteis e também por apresentar grande diversidade genética. No entanto, alguns programas de melhoramento têm tido sucesso na obtenção de clones e seleções a partir de cruzamentos com outras espécies silvestres (FRANQUEZ, 2008). A maioria das hibridações realizadas em programas de melhoramento de morangueiro visam combinar diversas características favoráveis em uma única cultivar, com o objetivo de atender às exigências dos produtores e consumidores (WHITAKER et al., 2011).

Promover combinações híbridas altamente divergentes constitui uma das formas de gerar variabilidade e obter indivíduos superiores, possibilitando explorar os efeitos da heterose e acumular alelos favoráveis para as características desejadas (PRAZERES; COELHO, 2016). Por isso, o objetivo do melhoramento de morangueiro não é a obtenção de linhagens homozigóticas para posterior hibridação, e sim a identificação de progênes superiores na primeira geração, as quais podem ser clonadas via propagação vegetativa para futuras gerações de seleção clonal (NUNES et al., 2013).

### **2.3.2 Principais caracteres desejados em novas cultivares**

Os programas de melhoramento de morango devem buscar atender necessidades do agricultor ao consumidor final e se manter atualizado com as constantes mudanças nos sistemas de produção. Desenvolver novos clones de morango com alta produtividade e qualidade é um processo trabalhoso e complexo. Para lançar novas cultivares deve-se abordar aspectos capazes de exceder ou ter uma produtividade pelo menos similar as já existentes. Muitos objetivos são comuns a qualquer cultura, como aumento da produtividade e da resistência a pragas e doenças. Entretanto, existem algumas características desejadas específicas ao morangueiro, como a cor da fruta (ZEIST; RESENDE, 2019), a firmeza, a acidez e os teores de sólidos solúveis e de polifenóis.

Para Mezzetti et al. (2018), existem pelo menos doze caracteres essenciais em novas cultivares de morango para serem aceitas no mercado. Esses critérios de seleção incluem, entre outros, aumentar ou manter a produtividade para garantir lucratividade aos produtores, inserir os níveis de tolerância ou resistência da planta a patógenos e pragas para reduzir o número de pulverizações de produtos de proteção necessários para o cultivo, desenvolver cultivares adaptadas aos diferentes sistemas e ambientes de produção e às condições edafoclimáticas, introduzir cultivares com características que facilitem a colheita, como, por exemplo, a produção de frutas longe do centro do dossel, proporcionado maior agilidade, permitir a colheita em períodos incomuns com valor agregado, ou seja, estender a estação de cultivo com uso de cultivares de dia neutro, aumentar a absorção e eficiência de uso de água e nutrientes, produzir frutas uniformes, de preferência acima de 30 gramas para reduzir os custos de mão de obra e aumentar a aceitação pelos consumidores, aumentar a firmeza das frutas para diminuir os danos desde a colheita até a comercialização, melhorar as características visuais das frutas, como a cor vermelha intensa, melhorar a qualidade nutricional das frutas que devem ser relativamente estáveis, aumentar a aceitação do consumidor a fruta que deve ser testada, e abordar questões relacionadas à sustentabilidade ambiental e social e à segurança alimentar, atendendo assim as Metas de Desenvolvimento Sustentável e a Agenda 2030 da ONU.

Os quatro primeiros critérios são para aumentar a adaptação da planta relacionado, principalmente, a fatores que aumentam a resiliência da planta ao clima, condições de cultivo e mecanismos de defesa a pragas e doenças. Os outros critérios são todos focados em caracteres que determinam a sustentabilidade econômica e sistema de cultivo, acesso ao mercado e a qualidade da fruta para aumentar a aceitação do consumidor.

Outro caráter muito desejado é a neutralidade ao fotoperíodo, que permite obter produção durante os meses de verão, época considerada de entressafra na maioria dos polos produtores brasileiros. O amadurecimento precoce é outra característica desejada em muitos programas de melhoramento, especialmente aqueles realizados em regiões quentes, em busca de cultivares com baixa ou nenhuma necessidade de horas de frio (OTTO et al., 2009).

Os caracteres mais buscados em novas cultivares de morango são produtividade, vigor, hábito de frutificação (sensibilidade ao fotoperíodo), tempo e uniformidade de maturação, resistência ao frio, tolerância à doenças e pragas. Em relação a qualidade da fruta, os principais caracteres são flavor (sabor e aroma), tamanho, simetria, formato, firmeza, cor (polpa e epiderme), brilho, separação do cálice, teor de vitaminas, teor de sólidos solúveis, acidez e resistência a podridões (OLIVEIRA; BONOW et al., 2012). A biologia molecular vem sendo utilizada como suporte, principalmente para a incorporação de caracteres, como controle da

floração, desenvolvimento e qualidade da fruta e interações planta-patógeno. Os investimentos em recursos para o sequenciamento do genoma devem ser aumentados continuamente (WHITAKER et al., 2020).

#### 2.4 PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DE MUDAS DE MORANGO NO BRASIL

Após a seleção de uma cultivar, a produção de mudas de qualidade é fundamental para o sucesso da lavoura de morangueiro. A muda é um dos insumos mais importantes no sistema de produção do morangueiro, pois determina o potencial de produtividade de frutas e a precocidade da produção. Para isso, o vigor e a sanidade da muda são pré-requisitos essenciais (OLIVEIRA; SCIVITTARO, 2009; COCCO et al., 2011).

A produção de mudas é uma etapa importante dentro da cadeia produtiva do morangueiro, uma vez que as mudas precisam ser renovadas anualmente, para as plantas em cultivo no solo, ou a cada dezoito meses, dependendo o sistema de cultivo, devido ao acúmulo de doenças e pragas de um ano de cultivo para outro, acarretando baixa produtividade. Para a implantação da lavoura, a aquisição das mudas pode representar aproximadamente 25% do custo anual de produção (GONÇALVES; ANTUNES, 2016).

Os produtores brasileiros de morango plantam anualmente cerca de 175 milhões de mudas, sendo que a produção nacional não atinge a qualidade nem a quantidade necessária para atender a demanda dos produtores (ANTUNES; PERES, 2013). Aproximadamente 90% das áreas de produção do RS utilizam mudas importadas (GONÇALVES; ANTUNES, 2016), o que foi confirmado pelos produtores quando questionados quanto à origem das suas mudas, onde 96% dos entrevistados obtêm mudas importadas da região da Patagônia (Chile e Argentina) (ALVES; MATOSO; PEIL, 2020).

Mudas importadas são comercializadas com as raízes nuas e são consideradas de boa qualidade quando apresentam sistema radicular bem desenvolvido e de coloração clara e diâmetro de coroa superior a 8 mm. Para mudas com torrão, a qualidade está relacionada com o equilíbrio entre parte aérea e sistema radicular, que proporciona elevada taxa de sobrevivência no pós-plantio (COCCO et al., 2011). Essa dependência por mudas importadas acaba atrasando o plantio, havendo como consequência o atraso do início da colheita e uma diminuição da produtividade (DAL PICIO et al., 2013).

De acordo com a Lei nº 10.711 (BRASIL, 2003), para a criação de um viveiro de produção de mudas nacionais, é necessária a obtenção de matrizes de qualidade, que são obtidas a partir da cultura de tecidos, devendo ser cultivadas em ambiente protegido de pragas. Além

disso, a produção e comercialização de mudas de morangueiro e os seus padrões visando a garantia de sua identidade e qualidade estão previstos na legislação.

## 2.5 IMPORTÂNCIA DA ESCOLHA DA CULTIVAR

A escolha adequada da cultivar de morangueiro é fundamental para se obter sucesso produtivo. As características das cultivares submetida às condições ambientais de cada região e sistema de cultivo (protegido ou a campo), associado ao manejo utilizado, irão determinar a produtividade e qualidade. Todas as cultivares de morango são clones, pois possuem a mesma constituição genética, responsável pela uniformidade existente entre elas. Um clone se constitui de um grupo de plantas obtidas através da propagação vegetativa de uma planta matriz. Assim, um clone de morango é considerado um cultivar, após aprovação no Registro Nacional de Cultivares que é um setor vinculado ao Ministério da Agricultura (BRASIL, 2003).

A cultura do morango divide-se em três tipos de grupos (dia curto, dia longo e dia neutro) de acordo com sua sensibilidade ao fotoperíodo (horas de luz), porém a grande maioria das cultivares utilizadas são de dias curtos ou de dias neutro (HANCOCK et al., 1990). As cultivares de dias curtos são adaptadas aos períodos do ano em que os dias são menores que as noites, seu potencial produtivo se concentra entre 10 a 12 horas de luz. As variedades de dias neutros que são aquelas que não sofrem interferência com a duração do dia e, em tese, podem ser cultivadas em qualquer período do ano. São plantadas em cultivo protegido com o objetivo de produzir morangos o ano todo (LOPES et al., 2019).

Para o cultivo fora do solo, as cultivares indicadas são as pertencentes ao grupo de dias neutros, pois apresentam a capacidade de produzir frutas de qualidade durante todo o ano, permitindo assim, a obtenção de maior retorno econômico aos produtores (GONÇALVES et al., 2016). A seguir encontra-se a descrição das cultivares Albion, PRA Estiva, San Andreas com característica em comum de serem cultivares de dia neutro e de um clone em desenvolvimento que está sendo avaliado para a produção e qualidade de frutas, denominado de Clone A.

### 2.5.1 Albion

Cultivar lançada comercialmente em 2004, pela Universidade da Califórnia. É uma cultivar resultado de cruzamento entre a cultivar ‘Diamante’ e uma seleção originária da Califórnia. Sua arquitetura de planta é mais aberta, o que facilita a colheita. Produção precoce

e com poucos picos (OLIVEIRA; ANTUNES, 2016). Tem fruta de bom tamanho, coloração vermelho-brilhante de polpa firme de coloração avermelhada, com sabor muito apreciado. Planta vigorosa que produz muito estolão, suscetível a ataques de ácaros e suas frutas são doces e aromáticos (SAMYKANNO; PANG; MARRIOTT, 2013; ORNELAS-PAZ et al., 2013; CONTIGIANI et al., 2018; LOPES et al., 2019).

### **2.5.2 PRA Estiva**

A cultivar PRA Estiva, também conhecida como PRA ou simplesmente Estiva, é uma cultivar desenvolvida pelo produtor Pedro Ribeiro Pereira, no município de Estiva – MG e reconhecida pelo Ministério da Agricultura em 2016 (MAPA, 2022). A arquitetura de planta aberta e frutas com pedúnculo longo facilitam a colheita. É uma cultivar bem adaptada a períodos de temperaturas elevadas possuindo um período de colheita prolongado com alta produtividade e qualidade de frutas (QP MUDAS, 2022).

### **2.5.3 San Andreas**

A cultivar foi desenvolvida pela Universidade da Califórnia e lançada comercialmente em 2008. É uma cultivar adaptada para a costa central e o sul da Califórnia, EUA. Originária do cruzamento entre a ‘Albion’ e uma seleção. Fruta de cor vermelha, de tamanho grande e formato alongado. Planta de vigor médio, boa sanidade, com frutas de bom tamanho, saborosos e bem firmes (GONÇALVES et al., 2016; LOPES et al., 2019; FERREIRA; LIU; SUAREZ, 2019; BIANCO et al., 2020).

### **2.5.4 Clone A**

Esse é um clone em desenvolvimento no Programa de Melhoramento Genético e que está sendo avaliado para produção e qualidade de frutas. O Clone A possui uma produção precoce de frutas durante o período de cultivo, é uma planta vigorosa de arquitetura aberta com pedúnculo longo. Produz muitos estolões e apresenta altos níveis de resistência a doenças de frutas e folhas. É suscetível a ataques de ácaros, pouca adaptada a períodos de temperaturas elevadas e suas frutas são doces e aromáticos.

## 2.6 FENOLOGIA DO MORANGUEIRO

A fenologia consiste no estudo de eventos biológicos recorrentes ao longo do tempo, fornecendo informações sobre a ocorrência e duração das fases de desenvolvimento (DENNY et al., 2014). A temperatura do ar é o principal fator determinante da fenologia da planta, e por isso a duração das fases de desenvolvimento são frequentemente relacionadas pela soma térmica acumulada acima de uma temperatura basal inferior e abaixo da temperatura basal superior, em graus-dias ( $^{\circ}\text{C dia}$ ) (STRECK; SILVA; LANGNER, 2012). Quando a temperatura está abaixo de um limite inferior, o desenvolvimento da planta não ocorre ou ocorre em taxas muito baixas que podem ser negligenciadas. A temperatura base inferior pode ser interpretada como a temperatura abaixo da qual a planta não se desenvolve e, se o fizer, é a uma taxa muito reduzida, que pode ser desprezada. Para cálculos de soma térmica acumulada para a emissão de folhas a temperatura base inferior é de  $0^{\circ}\text{C}$  (Rosa et al., 2011). As respostas da temperatura são frequentemente modificadas pela duração do dia, e a influenciada do fotoperíodo sobre o desenvolvimento pode ser levada em consideração usando o tempo fototérmico (LABADIE; DENOYES; GUÉDON, 2019).

Os processos de crescimento e desenvolvimento vegetal podem ocorrer de forma simultânea ou não. O crescimento envolve o aumento irreversível de dimensões físicas como o comprimento, a altura, o volume, a área. O desenvolvimento pode ser definido como um processo pelo qual os órgãos e/ou indivíduos passam por vários estágios identificáveis durante o ciclo de vida, incluindo a diferenciação celular, a iniciação e o aparecimento de órgãos, podendo se estender por todo o ciclo de vida (WILHELM; McMASTER, 1995).

O estudo da fenologia representa o desenvolvimento da cultura ao longo de suas diferentes etapas. O desenvolvimento da cultura do morangueiro é dividido em duas fases: vegetativa e reprodutiva. A fase vegetativa abrange o surgimento e crescimento de novas folhas, caules (coroas) e estolões. A fase reprodutiva engloba a inicialização, indução e surgimento das inflorescências, formação, crescimento e maturação das frutas (DAL PICIO et al., 2013).

Para a cultura do morangueiro a escala fenológica mais utilizada foi desenvolvida na Alemanha pelo instituto Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie (BBCH). Esta escala é composta por uma codificação decimal que descreve os estágios de desenvolvimento (Tabela 1). O primeiro dígito da escala refere-se ao estágio de desenvolvimento principal e o segundo dígito refere-se ao estágio de desenvolvimento secundário que corresponde a um número ordinal ou valor percentual (MEIER et al., 1994).

Tabela 1. Descrição e codificação dos principais estágios de desenvolvimento da cultura do morangueiro na escala BBCH.

Estágios	Denominação	Código	Descrição
0	Brotação	00	Dormência: folhas prostradas e parcialmente mortas
		03	Crescimento da coroa principal
1	Desenvolvimento foliar	10	Emergência da primeira folha
		11	Primeira folha expandida
		12	Segunda folha expandida
		13	Terceira folha expandida
		1-	Etapas contínuas até...
4	Desenvolvimento de estolões e plantas novas	19	Nove ou mais folhas separadas
		41	Início da formação de estolões: estolões visíveis (cerca de 20mm de comprimento)
		42	Primeira planta nova visível (planta filha)
		43	Desenvolvimento de raízes na primeira planta nova
		45	Primeira planta nova com raízes (pronta para a plantio)
5	Surgimento das inflorescências	49	Várias plantas novas prontas para o plantio (enraizamento, maduro para transplante); formação de plantas filhas continuamente
		55	Primeiros botões florais na base da coroa
		56	Alongamento da inflorescência
		57	Surgimento dos primeiros primórdios florais (ainda fechados)
		58	Primeiras flores fechadas com pétalas visíveis
6	Floração	59	Maior parte das flores fechadas e com pétalas visíveis
		60	Primeiras flores abertas (primárias)
		61	Início da floração: cerca de 10% das flores abertas
		65	Plena floração: inflorescências secundárias e terciárias abertas e as primeiras pétalas caindo
		67	Final da floração: a maioria das pétalas caídas
7	Desenvolvimento da fruta	71	Receptáculo visível por cima das sépalas
		73	Aquênios claramente visíveis no tecido do receptáculo
8	Maturação da fruta	81	Início da maturação: maior parte das frutas de cor branca
		85	Primeiras frutas com cor específica da cultivar
		87	Colheita principal: mais frutas coloridas
		89	Segunda colheita: mais frutas coloridas
9	Senescência e início da dormência	91	Início da formação de gemas axilares
		92	Folhas novas com folíolos pequenos e pecíolos curtos
		93	Folhas velhas morrendo; folhas novas prostradas; folhas velhas de cor específica da cultivar
		97	Folhas velhas mortas

Fonte: Adaptado de MEIER et al., (1994).

A identificação dos estágios de desenvolvimento de uma planta possibilita identificar, por meio da observação dos caracteres morfológicos, o tempo fisiológico que a cultura se encontra (ZANON et al., 2018). A fenologia de uma planta é descrita em escalas de desenvolvimento ou fenológicas de forma sistemática e ordenada, com os estágios e fases de desenvolvimento pelas quais uma planta passa durante seu ciclo de vida (SCHWAB et al., 2015). Além de representar a idade fisiológica das plantas, conhecimento da sequência de desenvolvimento da espécie é de muita importância para o planejamento das práticas de manejo (BUFFON et al., 2022). As escalas fenológicas visam padronizar a comunicação entre agricultores, consultores, seguradoras agrícolas, pesquisadores, professores, extensionistas e assim, torná-los capazes de identificar objetivamente os estágios de desenvolvimento (SCHWAB et al., 2015). Desse modo, tem-se uma melhor representação do exato momento em que a planta se encontra e as necessidades em termos de condições ambientais e de práticas de manejo mais adequadas para cada estágio da cultura.

Da mesma maneira que outras espécies vegetais, o morangueiro responde à interferências das variações do ambiente de cultivo. Os principais elementos meteorológicos que interferem no crescimento e desenvolvimento da cultura são: a temperatura do ar e o fotoperíodo (HEIDE; STAVANG; SONSTEBY, 2013). A interação entre esses fatores é evidenciada na indução de inflorescências ou então para a indução de estolões. Os estolões são produzidos pelo meristema lateral em condições ambientais específicas de altas temperaturas e longo fotoperíodo (LABADIE; DENOYES; GUÉDON, 2019).

## 2.7 SISTEMA DE CULTIVO PARA PRODUÇÃO DE FRUTAS DE MORANGO

A escolha do sistema de cultivo para a produção de frutas de morango depende do perfil do agricultor, do nível tecnológico a ser adotado e das exigências do mercado que pretende alcançar. O sistema de cultivo dessa cultura, tradicionalmente produzida no campo (com ou sem cobertura plástica), foi modificado, passando a ser produzida também em ambiente protegido (LIMA; CALEGARIO, 2011).

No cultivo no solo é comum o uso do *mulching* nos canteiros. O *mulching* é a tecnologia de cobertura do solo com um filme plástico de espessura fina e de baixo custo com a finalidade de reduzir a infestação de plantas daninhas, minimizar a evaporação da água do solo, facilitar a colheita e proteger as frutas do contato direto com o solo, pois as frutas são colhidas mais limpas e sadias (MORRA et al., 2022).

A produção de morango no solo para a produção de frutas enfrenta grandes limitações no que diz respeito à incidência de doenças, especialmente quando a lavoura é implantada no mesmo local por vários anos consecutivos. Esse fato está relacionado com o emprego de mudas de baixa qualidade sanitária, sendo agravado pelos teores elevados de umidade no solo e nas folhas. O método tradicional que tem sido empregado para reduzir a incidência das doenças dessa cultura é a desinfestação do solo com produtos químicos fumigantes. Entretanto, o emprego desse método enfrenta grandes restrições de ordem ambiental. Outra limitação refere-se às dificuldades ergonômicas em cultivar as plantas na superfície do solo, as quais vêm dificultando o recrutamento de mão de obra (GODOI et al., 2009).

O cultivo em estufas (cultivo protegido), vem aumentando sua área, pois facilita os tratamentos e manejos culturais, melhora a ergonomia do trabalhador, possibilita a redução da incidência de doenças, por conta do microclima desfavorável ao patógeno, proporcionando a planta o uso mais eficiente de água e fertilizantes comparado ao sistema de cultivo no campo e, conseqüentemente, uma maior produtividade. Outras vantagens que o cultivo protegido proporciona em comparação com o cultivo sem proteção são: melhor qualidade das frutas, a antecipação da colheita e o menor período de entressafra associado ao uso de cultivares de dias neutros. Esses benefícios podem ser atribuídos a uma eficiente proteção contra os fenômenos climáticos, como geada, granizo, vento, chuva, insolação, queda acentuada da temperatura durante a noite e proteção do solo contra a lixiviação. Como principais desvantagens, registram-se: o elevado custo do plástico e o investimento inicial (ALVES; MATOSO; PEIL, 2020).

No sistema de cultivo protegido as plantas são cultivadas em sacolas ou vasos contendo diferentes tipos de substratos em bancadas acima do nível do solo, sem o contato com o solo, assim facilita o trabalho e reduz a incidência de doenças. O principal sistema de cultivo sem solo para a produção de frutas de morango é o sistema aberto, assim denominado por não reaproveitar a água e a solução nutritiva drenada (não absorvida pela planta) durante o ciclo produtivo. A solução nutritiva lixiviada é perdida para o ambiente, com sérias conseqüências referentes ao elevado desperdício de água e fertilizantes, além da contaminação ambiental. Atualmente, esse sistema é o mais utilizado quando se fala em produção de morangos fora do solo, independente da região produtora (DIEL et al., 2018).

Além dos sistemas de cultivo aberto, existem os sistemas fechados de cultivo sem solo que permitem atingir níveis elevados de produção, acrescentando inovações que lhes conferem vantagens em relação ao sistema aberto, como, por exemplo, não haver descarte da água e da solução nutritiva durante todo período de produção. Fato esse que diminui os custos com fertilizantes, uma vez que não há lixiviação de nutrientes e nem substituição de solução

nutritiva. O sistema de cultivo fechado ou recirculante é dotado de estruturas que permitem que a solução nutritiva utilizada no sistema, que não for absorvida pelas plantas, seja coletada e direcionada novamente para o reservatório de abastecimento do sistema, sendo a mesma fornecida novamente às plantas. O sistema fechado é considerado uma alternativa para minimizar a contaminação ambiental ocasionada pelo cultivo aberto, sendo o mesmo mais eficiente no uso de nutrientes e água. O risco de disseminação de pragas e doenças associadas ao uso prolongado de uma mesma solução nutritiva em sistema fechado é minimizado pelo emprego de unidades de produção independentes (GONÇALVES et al., 2016).

### 1 3 CAPÍTULO I

2

3

#### Produtividade e qualidade de frutas de clones

4

#### de morango em sistema de cultivo sem solo<sup>1</sup>

5

6 **Resumo** - O morango é a fruta mais cultivada no mundo, universalmente atraente  
7 devido às suas qualidades sensoriais, benefícios para a saúde humana e rentável. No Brasil, o  
8 cultivo em crescendo tanto em área e produção e desempenha um importante papel  
9 socioeconômico. Para os produtores terem acesso as novas cultivares, dependem da importação  
10 de mudas de raiz nua e apresenta altos índices de mortalidade após o transplante. Este trabalho  
11 teve como objetivo comparar a produtividade e a qualidade de frutas de quatro clones de  
12 morangueiro em colheitas sucessivas. Os experimentos foram conduzidos no delineamento  
13 inteiramente casualizados em dois locais no município de Santa Maria – RS, nos anos de 2021  
14 e 2022 em quatro datas de plantio. Os experimentos foram realizados na área experimental do  
15 Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e de forma *on*  
16 *farm* para validar a produtividade e a qualidade de frutas. Foram avaliados o número e a massa  
17 fresca das frutas, o teor de sólidos solúveis totais, a acidez titulável, o pH, a relação de sólidos  
18 solúveis totais e a acidez titulável e a determinação de cor pelo sistema CIELAB. Os dados  
19 quantitativos foram aplicados em uma função sigmoide, com os coeficientes da fórmula foi  
20 atribuído o potencial produtivo, o ponto de inflexão e a taxa de crescimento do número ou  
21 massa fresca de frutas de cada clone. Essas informações podem ajudar a otimizar as práticas  
22 atuais de manejo do morango para aumentar a eficiência no uso de recursos.

23 **Termos para indexação:** *Fragaria* × *ananassa*, modelo de crescimento, validação *on farm*,  
24 cultivo protegido, eficiência no uso de recursos.

---

<sup>1</sup> O artigo será submetido à revista Pesquisa Agropecuária Brasileira

## Introdução

25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48

O morango (*Fragaria* × *ananassa* Duchesne) pertence à família Rosaceae, do gênero *Fragaria*. É uma espécie aloploplóide que surgiu na França no século XVIII, com um cruzamento entre as espécies octaplóide ( $2n = 8x = 56$ ) *Fragaria chiloensis* (endêmico do Chile) e *Fragaria virginiana* (nativo do leste dos Estados Unidos) (Ameri et al., 2020). A hibridação interespecífica combinou características, como o maior tamanho e firmeza das frutas provenientes da *F. chiloensis* com a coloração vermelho escuro e frutas mais aromáticas da *F. virginiana* (Edger et al., 2019; Whitaker et al., 2020; Negi et al., 2021).

A produção de morangos em 2020, foi de 8,9 milhões de toneladas, com China e Estados Unidos contribuindo com 49,6% da produção mundial (FAO, 2020). As principais cultivares de morango do mundo são desenvolvidas em programas de melhoramento de países de clima temperado, como os EUA, Espanha e Itália. Por este motivo, geralmente, as cultivares tem dificuldade de adaptação em ambientes tropicais (Zeist & Resende, 2019). Os viveiros da Argentina e do Chile cultivam a maioria das mudas de morangos da América do Sul, elevando significativamente o custo da produção pela importação em países importadores, como é o caso do Brasil (Barth et al., 2022).

A cultura está em processo de migração para ambientes de cultivos protegidos sem solo, pois é a forma mais eficiente de superar os riscos climáticos, como granizo, chuvas, geadas e ventos fortes (Singh et al., 2012). Além disso, o cultivo protegido facilita os tratamentos e manejos culturais, melhora a ergonomia do trabalhador, possibilita a redução da incidência de doenças, por conta do microclima desfavorável ao patógeno, proporcionando a planta o uso mais eficiente de água e fertilizantes e, conseqüentemente, uma maior produtividade (Diel et al., 2018; Alves et al., 2020).

49 As mudas produzidas nos viveiros do Brasil são consideradas de baixa qualidade  
50 fitossanitária e fisiológica. Utilizam poucas inovações tecnológicas e sua produção é realizada  
51 a campo (Fagherazzi et al., 2021). Tradicionalmente, os produtores optam pelo uso de mudas  
52 importadas. Mitigando o risco de contaminar seu sistema de produção com patógenos que são  
53 facilmente disseminados a longas distancias por meio das mudas (Schiavon et al., 2022). Diante  
54 deste cenário desfavorável para o produtor de frutas de morangos em adquirir suas mudas, a  
55 UFSM desenvolveu e obteve privilégio de propriedade intelectual (PI 1105802-1) de uma nova  
56 tecnologia de produção de mudas com torrão, que proporciona precocidade de produção e reduz  
57 a mortalidade das plantas durante o ciclo, o que possibilita qualidade e disponibilidade de  
58 mudas para os produtores na época mais adequada para o plantio (Bisognin et al., 2019).

59 Como a produção de frutas de morango ocorre em múltiplas colheitas na mesma planta,  
60 é possível utilizar modelos de regressão como ferramenta estatística para análise dos dados. O  
61 acúmulo de valores das variáveis produtivas em cada safra mostra que a produção começa lenta  
62 e passa por um crescimento exponencial que depois decresce até estabilizar. Esse tipo de  
63 resposta é sigmoidal e típico de modelos de regressão não linear conhecidos como modelos de  
64 crescimento (Diel et al., 2019). Além da produtividade, a qualidade da fruta também é um  
65 importante fator para a rentabilidade ao produtor de morango. A qualidade da fruta de morango  
66 é caracterizada por propriedades visuais como cor, tamanho e firmeza e por propriedades  
67 químicas como pH, acidez e concentração de sólidos solúveis e de polifenóis (Contigiani et al.,  
68 2018; Bianco et al., 2020; Chong et al., 2022).

69 Resultados de pesquisa e desenvolvimento tecnológico geradas nas instituições de  
70 pesquisa precisam ser validadas na realidade do produtor de morango, para então serem  
71 disseminados para o setor produtivo. Esse processo de validação é cada vez mais necessário,  
72 pois aumenta a segurança aos produtores para fazerem investimentos em novos projetos ou para  
73 melhorar seu atual sistema de produção. Os objetivos do presente trabalho foram avaliar o

74 número e a massa fresca de frutas em sucessivas colheitas e comparar a qualidade de frutas de  
75 diferentes clones de morango.

76

## 77 **Material e Métodos**

78

### 79 **Caracterização da área de estudo**

80 Os experimentos foram conduzidos em dois locais no município de Santa Maria, RS,  
81 Brasil, durante os anos de 2021 e 2022. O primeiro experimento foi instalado em 18 de junho  
82 2021, em uma propriedade rural (latitude: 29°40'02"S, longitude: 53°41'11"O, a 97 m de  
83 altitude). Os outros experimentos foram instalados em 01 de julho de 2021, 29 de abril e 29 de  
84 junho de 2022 na área experimental de Núcleo de Melhoramento Propagação Vegetativa de  
85 Plantas (latitude: 29°43'24"S, longitude 53°43'11"O, a 99 m de altitude), pertencente ao  
86 Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Santa Maria (Figura 1).

87 O clima predominante em Santa Maria/RS é o subtropical úmido com verões quentes  
88 (Cfa), conforme a classificação de Köppen (Alvares et al., 2013). As temperaturas mínimas e  
89 máximas diárias do ar durante o período experimental foram medidas em uma estação  
90 meteorológica convencional pertencente ao 8º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional  
91 de Meteorologia (DISME/INMET), localizada no Departamento de Fitotecnia da UFSM. O  
92 fotoperíodo foi calculado considerando o comprimento do dia com os crepúsculos (Keisling,  
93 1982).

94

### 95 **Construção, estabelecimento e manutenção dos sistemas de produção**

96 A construção dos sistemas de produção (Figura 2a e 2b) foi realizada entre os meses de  
97 março a junho de 2021. O sistema de produção de frutas de morangos no produtor foi construído  
98 dentro de uma estufa de dimensões de 7m x 30m coberta por plástico de 150 µm, com abertura

99 nas laterais. Este sistema fechado de cultivo sem solo empregado para a produção de frutas de  
100 morango na propriedade do agricultor foi estruturado em madeira (Figura 2c). Cada bancada de  
101 cultivo constituía-se de três subdivisões de 5,50 m de comprimento, 30 cm de largura e 15 cm  
102 de profundidade. Cada bancada de cultivo estava disposta em formato triangular, onde foi  
103 construída em dois níveis de altura em relação ao solo. A base da subdivisão do centro (parte  
104 de cima do triângulo) estava a 90 cm de altura em relação ao solo e a base das duas subdivisões  
105 laterais estavam a 60 cm de altura em relação ao solo. Cada subdivisão foi revestida,  
106 individualmente, por um filme plástico transparente preso nas laterais. Estas subdivisões foram  
107 nominadas de leste, centro e oeste.

108 A superfície interna de cada subdivisão foi coberta por uma camada de 7 cm de brita  
109 basáltica média, para facilitar a drenagem da solução nutritiva, acima foi colocada uma tela fina  
110 de polietileno que separa o substrato da brita (Burin et al., 2018). O substrato foi formado a  
111 partir de 5 cm de uma camada de areia grossa (partículas entre 1,0 e 3,0 mm de diâmetro) onde  
112 foram plantadas as mudas de morango das cultivares PRA Estiva, Albion e o Clone A. As  
113 mudas foram plantadas no espaçamento de 25 cm entre as plantas na fila e 20 cm entre as  
114 fileiras, arranjando-se no sistema quincôncio. Cada subdivisão era formada por duas linhas de  
115 cultivo de 20 plantas.

116 O sistema fechado de cultivo sem solo foi construindo em uma área no Departamento  
117 de Fitotecnia da UFSM (Figura 2d). Foi utilizada uma calha de plástico de 200  $\mu\text{m}$ , denominada  
118 de viticalha, com as seguintes dimensões: 11 m de comprimento, 20 cm de largura e 15 cm de  
119 profundidade. Cada duas viticalhas foram cobertas por um filme plástico de 100  $\mu\text{m}$ , com  
120 abertura lateral para ventilação de acordo com as condições meteorológicas.

121 A superfície interna de cada viticalha foi coberta por uma camada de 2 cm de brita  
122 basáltica média, para facilitar a drenagem da solução nutritiva, acima foi colocada uma tela fina  
123 de polietileno que separa a brita de uma camada de 1 cm de areia grossa (partículas entre 1,0 e

124 3,0 mm de diâmetro). Após, a colocação da areia completou-se até a altura da borda do leito de  
125 cultivo com uma mistura de substrato comercial (a base de turfa *Sphagnum* e vermiculita  
126 expandida) e casca de arroz carbonizada (proporção 2:1 - v/v). As mudas de morango com  
127 torrão foram estabelecidas no espaçamento de 25 cm entre as plantas na fila e 15 cm entre as  
128 fileiras, arranjando-se no sistema quincôncio. No ano de 2021, foram utilizados os mesmos  
129 clones dos plantados no produtor e no ano de 2022 foi acrescentado a cultivar San Andreas.  
130 Cada viticalha era formada por duas linhas de cultivo de 40 plantas.

131 Para ambos os locais, as mudas de morango com torrão foram produzidas de acordo  
132 com a PI 1105802-1 (Bisognin et al., 2019). O manejo da irrigação era realizado com o auxílio  
133 de um temporizador digital e uma bomba de baixo fluxo para permitir a total imersão do  
134 substrato sem o uso de fitas gotejadoras. A solução excedente foi drenada através de dois furos:  
135 um na base e outro próximo à borda superior do leito de cultivo, evitando o transbordamento.  
136 Os sistemas fechados de cultivo sem solo foram nivelados com 1% de declividade de forma a  
137 proporcionar o escoamento regular da solução nutritiva excedente, retornando para a caixa  
138 d'água de armazenamento. A solução nutritiva utilizada era de uma marca comercial  
139 recomendada para a cultura do morangueiro. O pH da solução nutritiva foi mantido entre 5,5 a  
140 6,0 e a condutividade elétrica entre 1,0 a 1,3 dS m<sup>-1</sup>. As colheitas das frutas eram realizadas  
141 duas vezes por semana durante o período de avaliação. Os manejos e tratos culturais foram  
142 seguindo as recomendações técnicas para a cultura.

143

#### 144 **Primeiro experimento**

145 O primeiro experimento (plantio em 18/06/2021, no produtor) foi em delineamento  
146 inteiramente casualizado, com doze repetições de 20 plantas, em esquema bifatorial (3 clones  
147 x 3 subdivisões de bancada). O fator A foram as cultivares Albion, PRA Estiva e o Clone A. O  
148 fator D foi a posição que as plantas se encontravam dentro da bancada de cultivo em suas

149 subdivisões localizadas a oeste, ao centro e ao leste da estufa. A colheita de frutas iniciou na  
150 terceira semana de setembro e foi até a segunda semana de novembro de 2021, totalizando oito  
151 semanas de colheita.

152 As frutas eram predominantemente colhidas a partir de 75% da cor da sua epiderme  
153 vermelha. Após a colheita de cada parcela, foi contado o número de frutas e pesada a massa de  
154 frutas frescas por parcela. Após o fim das colheitas, a produção total foi contabilizada e  
155 expressada em número e massa fresca total por planta, com estas variáveis foi possível calcular  
156 a massa fresca média de fruta. A análise de variância (ANOVA) foi utilizada para testar os  
157 efeitos dos tratamentos. Os diferentes níveis de qualquer fator que levaram a diferenças  
158 significativas nas características testadas pelo teste F ANOVA ( $p < 0,05$ ) foram comparados  
159 pelo teste de Scott-Knott, com uma probabilidade de erro tipo II de 5% ( $p < 0,05$ ). A análise foi  
160 realizada com o auxílio do software Sisvar versão 5.6.

161 O número e a massa média de frutas por planta ( $\text{g planta}^{-1}$ ) obtidos em cada colheita  
162 foram acumulados consecutivamente para cada parcela experimental (H1, H1 + H2, H1 + H2  
163 + H3, ..., H1 + H2 + ... + H8) (DIEL et al., 2019, 2020). Em seguida, um modelo logístico de  
164 regressão não linear foi ajustado para cada clone de acordo com a seguinte equação:

$$165 \quad Y = a/(1+(X/X_o)^b) \quad (1)$$

166 Em que:  $Y$  é a variável dependente (número ou massa fresca de frutas por planta),  $a$   
167 representa a assíntota ou valor máximo obtido do clone,  $X_o$  é o valor da abcissa no ponto de  
168 inflexão,  $X$  representa a semana da colheita e  $b$  está relacionado com a taxa de crescimento do  
169 número ou massa fresca de frutas, ou seja, quanto menor for este valor, mais rápido irá se atingir  
170 a assíntota. As estimativas dos coeficientes  $a$ ,  $b$  e  $X_o$  (equação 1) e o coeficiente de determinação  
171 ( $R^2$ ) foram obtidas utilizando o software SigmaPlot versão 10.0.

172 Avaliou-se em duas datas distintas de colheitas (12/10/2021 e 09/11/2021) as variáveis  
173 de qualidade. Foram separadas, aleatoriamente, duas repetições de dez frutas de cada clone.

174 Selecionou-se o terço médio das frutas para ser triturada, espremida, coada e filtrada. O objetivo  
175 deste processo foi transformar o terço médio das dez frutas em um suco concentrado de cor  
176 homogênea, com este suco foi determinado a concentração dos sólidos solúveis (SS), com o  
177 auxílio de refratômetro portátil, expressos na unidade °Brix (percentagem de SS por 100 g de  
178 fruta fresca). A concentração de SS indica a quantidade total de substâncias dissolvidas na polpa  
179 das frutas, sendo constituído por açúcares (sacarose, frutose e glicose).

180 A cor do suco foi determinada por reflectância no espaço de cor do sistema CIELAB,  
181 (ou CIE  $L^* a^* b^*$ ). Foi usando colorímetro Konica Minolta® CR - 600, com iluminante padrão  
182 D65 e ângulo de observação de 10° para fazer a leitura. As unidades CIELAB incluíram o  
183 asterisco (\*) para diferenciar o sistema CIELAB das unidades de outros sistemas de cores. O  
184 sistema CIELAB é um sistema tridimensional. O eixo  $L^*$  indica a luminosidade da cor com  
185 valores de 0 (preto) a 100 (branco). As coordenadas de cromaticidades da amostra ( $+a^*$  direção  
186 para o vermelho,  $-a^*$  direção para o verde,  $+b^*$  direção para o amarelo e  $-b^*$  direção para o  
187 azul). O croma ( $C^*$ ) expressa a saturação ou intensidade da cor, enquanto o ângulo de matiz ( $\alpha$ )  
188 indica a tonalidade da cor, onde 0° = vermelho, 90° = amarelo, 180° = verde, 270° = azul (Ly et  
189 al., 2020). As amostras utilizadas para as leituras de cor foram colocadas em placas de petri de  
190 um centímetro de espessura sob um fundo branco padrão, onde foram efetuadas três leituras  
191 sequenciais com homogeneização manual da amostra entre as leituras. Com os valores das  
192 coordenadas de cromaticidade foi calculado o croma e o ângulo de matiz pela seguinte fórmula  
193 matemática:

$$194 C^* = ((a^*)^2 + (b^*)^2)^{0,5} \quad (2)$$

$$195 \alpha = \tan^{-1} (a^*/b^*) \quad (3)$$

196 Para a determinação do pH foi utilizado 10 mL do suco concentrado e dissolvida em  
197 100 mL de água destilada. Após realizar a homogeneização da amostra, foi efetuado a leitura  
198 com o auxílio de um pHmetro digital, previamente calibrado com base na temperatura ambiente

199 e com soluções tampão pH= 7 e pH= 4. Após a leitura do pH, com esta mesma amostra foi  
200 determinada a acidez titulável (% e/ou g ácido cítrico em 100 mL<sup>-1</sup>). Foi adicionado 0,3 mL de  
201 fenolftaleína (solução indicadora), procedendo-se a titulação com hidróxido de sódio (NaOH)  
202 0,1M sob agitação constante, até o ponto de viragem que ocorre em pH= 8,1 ou então, quando  
203 a coloração rosa da solução indicadora persistir por 30 segundos (Instituto Adolfo Lutz, 2008).  
204 Foi realizada uma leitura por repetição e os resultados foram calculados através da equação:

$$205 \quad AC = (V \times F \times M \times PM)/(10 \times P \times n) \quad (4)$$

206 Em que: *AC* é a percentagem e/ou g ácido cítrico em 100 mL<sup>-1</sup>, *V* é o volume da solução  
207 de NaOH gasto na titulação, em mL, *F* é o fator de correção da solução de NaOH, *M* é a  
208 molaridade da solução de NaOH, *PM* é o peso molecular do ácido cítrico, em g, *P* é o volume  
209 da amostra do suco concentrado pipetada, em mL e *n* é o número de hidrogênios ionizáveis do  
210 ácido cítrico. Com os valores dos SS e acidez titulável, conhecida como relação SS/AT, é uma  
211 das variáveis mais representativas e mais segura em relação ao sabor da fruta, pois demonstra  
212 o equilíbrio entre os teores de açúcares e acidez presentes. A relação foi alcançada através do  
213 quociente entre os valores obtidos anteriormente para os diferentes clones.

214

## 215 **Segundo experimento**

216 O segundo experimento (plantio em 01/07/2021) foi com três tratamentos (cultivares  
217 Albion, PRA Estiva e o Clone A) no delineamento inteiramente casualizado, com 8 repetições  
218 de 10 plantas. A colheita iniciou na segunda semana de setembro e foi até a quinta semana de  
219 novembro de 2021, totalizando 12 semanas de avaliações. Foram realizadas as mesmas  
220 avaliações para as variáveis respostas do primeiro experimento. Foi avaliado a qualidade das  
221 frutas em quatro datas distintas de colheitas (12/10/2021, 26/10/2021, 09/11/2021 e  
222 23/11/2021). Foi separado, aleatoriamente, uma repetição de dez frutas de cada clone,  
223 selecionando o terço médio das frutas para ser processado a um suco concentrado.

## 224 **Terceiro e quarto experimentos**

225 O terceiro e quarto experimentos (plantio em 29/04/2022 e 29/06/2022,  
226 respectivamente) teve quatro tratamentos (cultivares Albion, PRA Estiva, San Andreas e o  
227 Clone A) em delineamento inteiramente casualizado, com 4 repetições de 10 plantas. O início  
228 da colheita para o terceiro experimento foi na quarta semana de julho e para o quarto  
229 experimento foi na quarta semana de agosto. Ambos os experimentos foram colhidos até a  
230 quinta semana de novembro de 2022, totalizando 19 e 15 semanas de avaliações,  
231 respectivamente.

232 As avaliações de qualidade de fruta foram as mesmas da safra do ano de 2021. Estas  
233 avaliações foram realizadas em seis diferentes datas de colheitas: 12/09/2022, 26/09/2022,  
234 10/10/2022, 24/10/2022, 07/11/2022 e 21/11/2022. Foi selecionado, aleatoriamente, o total de  
235 dez frutas de cada clone sem distinção da data de plantio, pois a qualidade da fruta é uma  
236 característica influenciado pela constituição genética da cultura x fatores meteorológicos. Como  
237 as bancadas de cultivo encontravam-se próximas, não foi levado em consideração a época do  
238 transplante de mudas para avaliar a qualidade das frutas. Para comprovar esta hipótese, no dia  
239 29 de novembro de 2022, avaliou a qualidade das frutas considerando a data do transplante das  
240 mudas como um fator (clones x data de plantio).

241

## 242 **Resultados e discussões**

243

244 Durante o período de condução dos experimentos do ano de 2021, a temperatura mínima  
245 absoluta na estação meteorológica foi de  $-0,6^{\circ}\text{C}$  em 30/07. No primeiro experimento a  
246 temperatura máxima absoluta foi de  $35,7^{\circ}\text{C}$  em 15/11, no segundo experimento foi de  $37,7^{\circ}\text{C}$   
247 em 22/11 (Figura 1a). O primeiro experimento foi encerrado na segunda semana de novembro  
248 porque as plantas se encontravam em plena floração e a temperatura máxima do ar estava

249 elevada para a cultura, afetando drasticamente a fertilidade do pólen e a deiscência da antera,  
250 ocorrendo o abortamento do pólen nas flores, conseqüentemente não houve a formação de  
251 novas frutas (Ariza et al, 2015; Cui et al., 2022). No segundo experimento o abortamento de  
252 flores ocorreu no final de novembro. Outro fator ambiental que desfavoreceu a produtividade  
253 de frutas de morango no produtor foi a condição do plástico da estufa. O plástico da cobertura  
254 encontrava-se sujo e ao redor da estufa haviam árvores fazendo sombra e dificultando a  
255 transmissividade da radiação solar e circulação de ar, conseqüentemente houve uma menor taxa  
256 de produção de fotoassimilados.

257         No ano de 2022, o período durante a condução dos experimentos, a temperatura máxima  
258 absoluta foi de 34,9°C em 20/11. No terceiro e quarto experimento a temperatura mínima foi  
259 de 1,1°C e 1,2°C em 19/06 e 20/08, respectivamente (Figura 1b). Caracterizando este ano de  
260 condução experimental com uma menor amplitude térmica em comparação com o ano anterior.  
261 Estas distintas condições meteorológicas são importantes em estudos para caracterização de  
262 parâmetros do crescimento e desenvolvimento das culturas (Streck et al., 2003). Como a  
263 irrigação era controlada não foi considerado a precipitação para descrever as condições  
264 meteorológicas nos dois anos de cultivo e também não foi apresentado dados de radiação solar,  
265 por conta da interferência do plástico de cobertura que as plantas estavam abrigadas (Tang et  
266 al., 2020).

267         A massa fresca média de frutas ( $\text{g planta}^{-1}$ ) e o número de frutas por planta obtidos em  
268 cada colheita foram acumulados consecutivamente para cada parcela experimental. De acordo  
269 com o modelo logístico, foi estimado os coeficientes **a**, **b** e  $X_o$  (equação 1) e o coeficiente de  
270 determinação. Para o primeiro experimento, a produção tanto em número de frutas como a  
271 massa fresca de frutas, foi mais concentrada, com o coeficiente **b** para ambos os clones variando  
272 de -1,45 a -2,38 (Tabela 1). O Clone A teve o maior coeficiente **a** tanto em número quanto em

273 massa fresca de frutas no primeiro experimento, isto significa que este clone tem o maior  
274 potencial produtivo.

275 Para o segundo experimento, o Clone A teve o maior potencial produtivo (número e  
276 massa fresca de frutas) e a maior precocidade de produção, de acordo com os coeficientes  $a$  e  
277  $X_o$ , respectivamente. Essas duas características são importantes para a cultura, principalmente  
278 a precocidade da produção que possibilita o produtor ofertar suas frutas para a comercialização  
279 em um período antecipado da oferta de frutas no mercado.

280 O terceiro e quarto experimentos foram conduzidos concomitantemente no mesmo  
281 local. Entretanto para o plantio realizado dia 29/04/2022 (terceiro experimento) o potencial  
282 produtivo para as cultivares Albion e San Andreas e o Clone A foi superior ao plantio realizado  
283 em 29/06/2022 (quarto experimento). Como o plantio realizado no quarto experimento foi 60  
284 dias após o terceiro experimento, as plantas tiveram um crescimento e desenvolvimento mais  
285 rápido após o transplante por conta das condições ambientais serem mais favoráveis. Isto é  
286 afirmado através do coeficiente  $X_o$  que foi menor no quarto experimento em relação ao terceiro  
287 para todos os clones. Ou seja, os clones anteciparam a sua produção (precoce) em relação ao  
288 terceiro experimento por conta da variação da época de plantio.

289 O coeficiente de determinação variou de 0,97 a 1,00 para todas as quatro datas de  
290 transplante de mudas. Representando que as estimativas dos coeficientes (equação 1) estão  
291 ajustadas e refletindo a realidade da produtividade acumulada de frutas de morango. Foi plotado  
292 estas simulações de produtividade acumulada do número e massa fresca das frutas para  
293 visualizar a resposta dos dados coletados a campo (primeiro ao quarto experimento) com os  
294 dados estimados pelos coeficientes  $a$ ,  $b$  e  $X_o$  (Figuras 3, 4, 5 e 6).

295 No primeiro experimento não houve interação entre clones e as subdivisões de bancadas  
296 (Tabela 2) mostrando que as exigências da posição das subdivisões das bancadas foram  
297 semelhantes para ambos os clones e os coeficientes de variação estiveram abaixo de 26%

298 (Schmidt et al., 2017). As subdivisões das bancadas não diferiram quanto o número e massa  
299 fresca de frutas ( $\text{g planta}^{-1}$ ) e massa fresca média de frutas ( $\text{g frutas}^{-1}$ ). Não houve diferença  
300 significativa para o número e a massa fresca de frutas para as cultivares Albion PRA Estiva e  
301 o Clone A. O Clone A teve a massa de fruta média de  $16,59 \text{ g frutas}^{-1}$ , seguido da cultivar PRA  
302 Estiva e Albion com  $14,74$  e  $12,75 \text{ g frutas}^{-1}$ , respectivamente. Foram encontrados valores  
303 similares de massa fresca média de frutas das cultivares Albion e Camarosa (Diel et al., 2018).

304 Na terceira e quarta semana de outubro ocorreu o pico de produção do número e massa  
305 fresca de frutas (Figura 3a e 3c), na segunda semana de novembro teve o decréscimo acentuado  
306 da produção em virtudes das condições da temperatura do ar elevada associada a fenologia da  
307 cultura. É possível observar o somatório acumulado do número e massa fresca de frutas no  
308 decorrer do período de avaliação, respectivamente (Figura 3b e 3d). Ambos os clones tem  
309 resposta similar para a produção do número acumulado de frutas por planta. Para a massa fresca  
310 acumulada de frutas tem o Clone A com uma produção mais elevada em relação as cultivares  
311 Albion e PRA Estiva.

312 No segundo experimento o Clone A diferiu significativamente para as variáveis número  
313 e massa fresca de frutas por planta (Tabela 3). Entre a quarta semana de outubro e segunda  
314 semana de novembro (Figura 4a) o Clone A teve a produção semanal acima de 3 frutas por  
315 planta. Enquanto que as cultivares PRA Estiva e Albion atingiram a maior produção na segunda  
316 semana de novembro, com produção de  $2,6$  e  $2,2$  frutas por planta, respectivamente. Para a  
317 massa de frutas frescas (Figura 4c) o Clone A produziu  $48 \text{ g planta}^{-1}$  na quarta semana de  
318 outubro a sua maior produção. As cultivares Albion e PRA Estiva tiveram sua maior produção  
319 de  $34 \text{ g planta}^{-1}$  na primeira semana de novembro. O Clone A teve a produção acumulada do  
320 número e massa fresca de frutas em todas as semanas de colheita foi superior as outras cultivares  
321 (Figura 4b e 4d). Assim, confirma o coeficiente  $X_o$  (Tabela 1) que o Clone A possui maior

322 precocidade tanto no número de frutas como na massa de frutas fresca em relação as cultivares  
323 Albion e PRA Estiva.

324 No ano de 2022 teve uma menor amplitude térmica em relação ao ano anterior (Figura  
325 1) e o período de cultivo foi maior, principalmente no terceiro experimento, foi possível obter  
326 uma produtividade de número e massa fresca de frutas superior aos experimentos anterior. Os  
327 coeficientes de variação foram inferiores a 20% demonstrando uma precisão experimental  
328 adequada (Tabela 4). Independente da época de transplante das mudas, as cultivares Albion San  
329 Andreas e PRA Estiva foram inferiores no número e massa fresca de frutas na produtividade  
330 final em comparação com o Clone A. As cultivares PRA Estiva teve o menor número de frutas  
331 tanto para o transplante de mudas do dia 29/04 como no dia 29/06/2022 com a produção de  
332 17,73 e de 15,87, respectivamente. Todos os clones tiveram a maior produtividade de número  
333 e massa fresca de frutas total acumulada no mês de abril. Não houve diferença significativas  
334 para a massa fresca média de frutas para ambos os clones dentro das suas respectivas épocas de  
335 plantio.

336 As cultivares San Andreas e Albion são as duas cultivares de dia neutro mais plantadas  
337 no estado do RS (Alves et al., 2020), e foram desenvolvidas nos programas de melhoramento  
338 genético dos EUA. Apesar de serem cultivares desenvolvidas em outro país, não diferiram  
339 significativamente em nenhuma época de plantio da cultivar PRA Estiva, material desenvolvido  
340 no estado de Minas Gerais, nas variáveis respostas analisadas. Na quinta semana de agosto o  
341 Clone A teve o primeiro pico de produção (Figura 5a e 5c) com o número 1,8 frutas por planta  
342 e 48g de massa fresca de fruta por planta e as outras cultivares atingiram 13,5g, 11,6g e 6,5g  
343 para San Andreas, Albion e PRA Estiva, respectivamente.

344 No terceiro experimento as cultivares Albion e San Andreas tiveram uma produtividade  
345 total de 287,72 g e 297,77 g por planta, respectivamente (Figura 5b). Valores similares ao  
346 encontra em quatro meses de plantio em estufa no município de Passo Fundo - RS (Chaves et

347 al., 2017). Nas curvas do número e massa fresca acumulada (Figura 5b e 5d), observa-se que  
348 no início das colheitas para todos os clones tiveram a mesma resposta. Com as primeiras  
349 semanas de colheita houve um valor acumulado baixo, até a quarta semana de agosto os valores  
350 dos acumulados era muitos próximos. A partir do pico de produção do Clone A, tanto no  
351 número quanto na massa fresca de frutas, que ocorreu na quinta semana de agosto, o Clone A  
352 se manteve superior em relação as cultivares.

353 Este mesmo tipo de resposta aconteceu com o quarto experimento, mesmo os clones  
354 plantados dois meses após o terceiro experimento, o Clone A demonstrou sua superioridade  
355 produtiva. O maior pico de produção do Clone A ocorreu na primeira semana de novembro,  
356 com 4,6 frutas e massa fresca de 86,7 g por planta (Figura 6). Como no experimento anterior,  
357 as cultivares Albion, San Andreas e PRA Estiva tiveram sua semana com maior produção após  
358 o Clone A. Assim, observou-se que, mesmo em diferentes épocas de plantio e locais, o Clone  
359 A demonstrou sua precocidade e produtividade superior as outras cultivares.

360 Pelas características da cultura do morango de ser uma espécie de múltiplas colheitas,  
361 os picos de produção para o agricultor são interessantes, pois o produtor consegue ofertar frutas  
362 em diferentes momentos do ano. Assim, é recomendado o produtor de frutas de morango ter  
363 em sua propriedade diferentes tipos de cultivares: para o cultivo protegido optar por cultivares  
364 de dia neutro e para cultivo a campo recomenda-se cultivares de dia curto. Não existe uma  
365 época do ano específica para o maior consumo da fruta, diferente de outras culturas, por  
366 exemplo, as flores que tem sua maior procura em dias específicos do ano (Junqueira & Peetz,  
367 2017), a oferta contínua durante o ano é de grande importância para o produtor fixar clientes.

368 Para qualquer empreendimento se manter viável economicamente é necessário ter uma  
369 boa produção, além disso, para a cultura do morango é importante que a produção seja o mais  
370 constante possível ao longo do ano para poder fixar clientes. Por isso, a importância de usar  
371 diferentes cultivares com boa produção e que produzam em diferentes momentos do ano. Além

372 do produtor ter uma boa produtividade e de preferência constante ao longo do ano, as suas frutas  
373 produzidas precisam ter uma qualidade aceitável para o consumidor. O que chama atenção da  
374 fruta para o cliente são as características visuais, principalmente sua coloração, e o que vai  
375 definir se o consumidor se tornará um cliente fixo é a qualidade sensorial aliada com a  
376 disponibilidade da oferta adequada de frutas (Motta et al., 2015),

377 Para verificar a qualidade das frutas para todas as datas de plantio foram avaliados os  
378 parâmetros físicos e químicos das frutas (Tabela 5). No primeiro experimento, conduzindo de  
379 forma *on farm*, somente a relação SS/AT diferiu significativamente. A cultivar Albion obteve  
380 a menor relação de SS/AT em comparação com o Clone A e a cultivar PRA Estiva. Nunes et  
381 al., (2021) encontrou valores inferiores ao encontrado na cultivar Albion. A relação SS/AT está  
382 diretamente ligada ao melhor sabor da fruta. A alta proporção sugere um equilíbrio entre doce  
383 e azedo, o que proporciona melhor aceitação pelo consumidor (Akhatou & Fernández-  
384 Recamales, 2013).

385 No segundo experimento, os três clones somente se diferiram significativamente para  
386 os SS e o ângulo de matiz. O Clone A apresentou a maior concentração de SS e o menor ângulo  
387 de matiz, não diferindo estatisticamente da cultivar Albion, entretanto a cultivar PRA Estiva  
388 teve o maior ângulo de matiz, diferendo significativamente dos outros clones. O ângulo de matiz  
389 é considerado um indicativo de maturação da fruta, sendo relacionado com a cor da epiderme  
390 do morango, a qual se torna atrativa pela presença de antocianinas, pigmentos vermelhos,  
391 naturais e derivados de açúcares. Quanto mais próximo a 0° as frutas apresentam coloração  
392 vermelho intenso. A diminuição dos valores de croma indica redução da saturação de pigmentos  
393 da cor, apresentando-se menos intensa (Cocco et al., 2020).

394 Os valores de SS encontrados nos experimentos realizados estão similares ao encontrado  
395 por Cocco et al. (2020), em trabalho realizado na Serra Gaúcha, em substrato composto por  
396 casca de arroz carbonizada e turfa, observaram valores de 7,1 e 6,8 °Brix para as cultivares

397 Albion e San Andreas no mês de novembro. Para Alves et al. (2017) cultivando morango em  
398 substrato na região de Pelotas - RS, observaram valores de 5,83, 4,96 e 5,63 °Brix para as  
399 cultivares Albion, Monterey e San Andreas.

400 O terceiro e quarto experimento foram avaliados somente os clones sem considerar a  
401 época do transplante das mudas. Assim, como na data de plantio anterior, somente a variável  
402 SS/AT diferiu significativamente. Com a maior relação foi para o Clone A e a cultivar PRA  
403 Estiva de 10,20 e 9,51, respectivamente. As cultivares Albion teve 8,48 e a San Andreas teve  
404 8,99, esta proximidade de valor para este parâmetro pode ser justificada pela razão da origem  
405 genética de ambas as cultivares serem da mesma instituição dos EUA e a cultivar San Andreas  
406 tem em sua genealogia parentesco com a cultivar Albion (Bianco et al., 2020).

407 Na avaliação do dia 28 de novembro de 2022, foi avaliado separadamente os clones de  
408 acordo com sua data de plantio (Tabela 6). Com esta avaliação foi comprovada a não interação  
409 entre os clones e a data de plantio. Assim, a data de plantio não afetou significativamente  
410 nenhum parâmetro de qualidade avaliado entre os clones. Esta resposta ficou dentro do  
411 esperado, como nas avaliações anteriores as variáveis respostas não estavam diferindo entre as  
412 cultivares, então dentro da própria cultivar em época de plantio com uma diferença de 60 dias  
413 de plantio também não houve diferenciação.

414 As diferenças encontradas entre todas as épocas de plantio (18/06/2021, 01/07/2021,  
415 29/04/2022 e 29/06/2022) e os resultados encontrados na literatura, podem ser devidas as  
416 variações dos sistemas de cultivo, a área de produção, condições edafoclimáticas e/ou práticas  
417 agrícolas. Algumas das diferenças também podem resultar da variação na preparação da  
418 amostra e nos procedimentos de análise. Assim, variação dos parâmetros qualitativos indica  
419 que os valores dependem da interação entre os fatores cultivar, nutrição e ambiente (Becker et  
420 al., 2020).

421

## Conclusões

422  
423  
424  
425  
426  
427  
428  
429  
430  
431  
432  
433  
434  
435  
436  
437  
438  
439  
440  
441  
442  
443  
444  
445

1. O modelo de crescimento logístico utilizado para descrever a produtividade de número e massa fresca de frutas de morango apresenta vantagens ao analisar a produção por métodos usuais, pois a curva sigmoideal indica o desempenho da produção ao longo do ciclo da cultura.
2. O Clone A tem características de precocidade e maior produtividade, sua qualidade de fruta é similar ou até mesmo superior em relação as cultivares que foi comparado. Assim o Clone A pode vir se tornar uma cultivar comercial no Brasil.
3. A pesquisa *on farm* é uma forma eficiente de validar os resultados da pesquisa em condições de cultivo do produtor.

## Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida de Mestrado Acadêmico para Inovação (Projeto nº: 130869/2021-0) em parceria com a Empresa QP Mudas.

## Referências

- AKHATOU, I.; FERNÁNDES-RECAMALES, Á.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.1, p.866–875, 2013. DOI: 10.1002/jsfa.6313.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2013. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507.

- 446 ALVES, M C.; MATOSA, E.S.; VIGHI, V.A. MOURA, J.C.; CASTRO, T.V. Qualidade pós  
447 colheita de frutas de morangueiro produzidas no solo e em substratos. **Jornada de Pós-**  
448 **Graduação e Pesquisa**. URCAMP, 2017.
- 449 ALVES, M.C.; MATOSO, E.S.; PEIL, R.M.N. What is the profile of strawberry producers in  
450 the south Brazilian region and what do they think about substrate cultivation? **Horticultura**  
451 **Brasileira**, v.38, n.4, p.428-433, 2020. DOI: 10.1590/s0102-0536202004014.
- 452 AMERI, A.; TEHRANIFAR, A.; DAVARYNEJAD, G.; SHOOR, M. Flowering times and  
453 some growth indicators of strawberry were affected by physical properties of the growing  
454 media. **Scientia Horticulturae**, v.272, e109601, 2020. DOI: 10.1016/j.scienta.2020.109601.
- 455 ARIZA, M.T.; SORIA, C.; MARTÍNEZ-FERRI, E. Developmental stages of cultivated  
456 strawberry flowers in relation to chilling sensitivity. **AoB PLANTS**, v.7, 2015. DOI:  
457 10.1093/aobpla/plv012.
- 458 BARTH, E. RESENDE, J.T.V. de; MARIGUELE, K.H.; RESENDE, M.D.V. de; SILVA,  
459 A.L.B.R. da; RU, S. Multivariate analysis methods improve the selection of strawberry  
460 genotypes with low cold requirement. **Scientific Reports**, v.12, e11458, 2022. DOI:  
461 10.1038/s41598-022-15688-4.
- 462 BECKER, T.B.; SCHIAVON, A.V.; DELAZERI, E.E. ANTUNES, L.E.C. Qualidade de  
463 morangos em cultivo sem solo sob diferentes soluções nutritivas. **Revista Scientia Rural**,  
464 Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais – CESCAGE, 22º ed. 2020.
- 465 BIANCO, M.; CALVINO, C.D.; HUSEYNLI, L.; VENTURA, G.; LOSITO, I.; CATALDI,  
466 T.R.I. Identification and quantification of phospholipids in strawberry seeds and pulp (*Fragaria*  
467 × *ananassa* cv San Andreas) by liquid chromatography with electrospray ionization and tandem  
468 mass spectrometry. **Journal of Mass Spectrometry**, v.55, n.11, 2020. DOI: 10.1002/jms.4523.

- 469 BISOGNIN, D.A.; PIVETTA, C.R.; JÄNISCH, D.I.; FISHER, H.; PICIO, M.D. Método de  
470 propagação de plantas. **PI 1105802-1 - Revista de Propriedade Industrial**, v.2511, p.644-  
471 690, 2019.
- 472 BURIN C.; BISOGNIN, D.A.; LENCINA, K.H.; GIMENES, E.S. Early selection of *Cabralea*  
473 *canjerana* for propagation by mini-cutting. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.53, n.9,  
474 p.1018-1024, 2018. DOI: 10.1590/S0100-204X2018000800005.
- 475 CHAVES, V.C.; CALVETE, E.; REGINALDO, F.H. Quality properties and antioxidant  
476 activity of seven strawberry (*Fragaria x ananassa* duch) Cultivars. **Scientia Horticulturae**,  
477 v.225, p.293–298, 2017. DOI: 10.1016/j.scienta.2017.07.013.
- 478 CHONG, L.; GHATE, V.; ZHOU, W.; YUK, H.G. Developing an LED preservation  
479 technology to minimize strawberry quality deterioration during distribution. **Food Chemistry**,  
480 v.366, e130566, 2022. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.130566.
- 481 COCCO, C.; SCHILDT, G.W.; GIACOMEL, F.; FAGHERAZZI, A.F.; ZANIN, D.S.;  
482 KRETZSCHMAR, A.S. Desempenho produtivo de genótipos de morangueiro de dia neutro na  
483 Serra Gaúcha. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, v.6, n.2, p.155-163, 2020. DOI:  
484 10.21674/2448-0479.62.155-163.
- 485 CONTIGIANI, E.V.; JARAMILLO-SÁNCHEZ, G.; CASTRO, M.A.; GÓMEZ, P.L.;  
486 ALZAMORA, S.M. Postharvest quality of strawberry fruit (*Fragaria x ananassa* Duch cv.  
487 Albion) as affected by ozone washing: fungal spoilage, mechanical properties, and structure.  
488 **Food Bioprocess Technol**, v.11, p.1639-1650, 2018. DOI: 10.1007/s11947-018-2127-0.
- 489 CUI, M.; PHAM, D.M.; HWANG, H.; CHUN, C. Ultrastructural characteristics of anther and  
490 pistil during foral development in ‘Maehyang’ strawberry. **Horticulture, Environment, and**  
491 **Biotechnology**, 2022. DOI: 10.1007/s13580-022-00463-1.
- 492 DIEI, M.I.; PINHEIRO, M.V.M.; THIESEN, L.A.; ALTÍSSIMO, B.S.; HOLZ, E.; SCHMIDT,  
493 D. Cultivation of strawberry in substrate: productivity and fruit quality are affected by the

494 cultivar origin and substrates, **Ciência e Agrotecnologia**, v.42, n.3, p.229-239, 2018. DOI:  
495 10.1590/1413-70542018423003518.

496 DIEI, M.I.; SARI, B.G.; KRYSCZUN, D.K.; OLIVOTO, T.; PINHEIRO, M.V.M.;  
497 SCHMIDT, D.; LÚCIO, A.D. Nonlinear regression for description of strawberry (*Fragaria x*  
498 *ananassa*) production. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v.94, p.259-  
499 273, 2019. DOI: 10.1080/14620316.2018.1472045.

500 DIEI, M.I.; LÚCIO, A.D.; VALERA, O.V.S.; SARI, B.G.; OLIVOTO, T.; PINHEIRO,  
501 M.V.M.; MELO, P.J. de; TARTAGLIA, F.L.; SCHMIDT, D. Production of biquinho pepper  
502 in different growing seasons characterized by the logistic model and its critical points. **Ciência**  
503 **Rural**, v.50, n.4, 2020. DOI: 10.1590/0103-8478cr20190477.

504 EDGER, P.P. et al. Origin and evolution of the octoploid strawberry genome. **Nature Genetics**,  
505 v.51, p.541–547, 2019. DOI: 10.1038/s41588-019-0356-4.

506 FAGHERAZZI, A.F.; ZANIN, D.S.; SANTOS, M.F.S. dos; LIMA, J.M. de; WELTER, P.D.;  
507 RICHTER, A.F.; NERBASS, F.R.; KRETZSCHMAR, A.A. RUFATO, L.; BARUZZI, G.  
508 Initial crown diameter influences on the fruit yield and quality of strawberry Pircinque.  
509 **Agronomy**, v.11, n.1, p.184-198, 2021. DOI: 10.3390/agronomy11010184.

510 FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT: Agricultural**  
511 **Production/strawberry**. 2020 Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat>>. Acessado em:  
512 26 de outubro de 2022.

513 INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**.  
514 Capítulo XV - Conservas vegetais, frutas e produtos de frutas. 4. ed. São Paulo, 2008. p.567-  
515 587.

516 JUNQUEIRA, A.H.; PEETZ, M. da S. Brazilian consumption of Flowers and ornamental  
517 plants: habit, practices and trends. **Ornamental Horticulture**, v.23, n.2, p.178–184, 2018.  
518 DOI: 10.14295/oh.v23i2.1070.

- 519 KEISLING, T.C. Calculation of the Length of Day. **Agronomy Journal**, v.74, p. 758 - 759,  
520 1982.
- 521 LY, B.C.K.; DYER, E.B.; FEIG, J.L.; CHIEN, A.L.; BINO, S.D. Research techniques made  
522 simple: cutaneous colorimetry: a reliable technique for objective skin color measurement.  
523 **Journal of Investigative Dermatology**, v.140, p.3-12, 2020. DOI: 10.1016/j.jid.2019.11.003.
- 524 MOTTA, J.D.; QUEIROZ, A.J.M.; FIGUEIRÊDO, R.M.F.; SOUSA, K.S.M. Índice de cor e  
525 sua correlação com parâmetros físicos e físicos-químicos de goiaba e mamão. **Comunicata**  
526 **Scientiae**, v.6, n.1, p.74-82, 2015. DOI: 10.14295/cs.v6i1.698.
- 527 NEGI, Y.K.; SAJWAN, P.; UNİYAL, S.; MISHRA, A.C. Enhancement in yield and nutritive  
528 qualities of strawberry fruits by the application of organic manures and biofertilizers. **Scientia**  
529 **Horticulturae**, v.283, e110036, 2021. DOI: 10.1016/j.scienta.2021.110038.
- 530 NUNES, C.F.; FERREIRA, J.L.; GENEROSA, A.L.; CARVALHO, M.S.D.; PASQUAL, M.;  
531 CANÇADO, G.M.A. The genetic diversity of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) hybrids  
532 based on ISSR markers. **Acta Scientiarum, Agronomy**, v.35, n.4, p.443-452, 2013. DOI:  
533 10.4025/actasciagron.v35i4.16737.
- 534 SCHIAVON, A.V.; BECKER, T.B.; DELAZERI, E.E.; VIGNOLO, G.K.; MELLO-FARIAS,  
535 P.; ANTUNES, L.E.C. Production and quality of strawberry plants produced from different  
536 nutrient solutions in soilless cultivation. **Revista Ceres**, v.69, n.3, p.348-357, 2022. DOI:  
537 10.1590/0034-737X202269030013.
- 538 SCHMILDT, E.R.; SILVA, W.; AMBROSIO, T.J.; SCHMILDT, O.; NASCIMENTO, A.L.;  
539 FERNANDES, A.A. Coeficiente de variação como medida da precisão em experimentos de  
540 alface. **Revista Agro@mbiente**, v.11, n.4, p.290-295, 2017. DOI: 10.18227/1982-  
541 8470ragro.v11i4.4412.

- 542 SINGH, A.; SYNDOR, A.; DEKA, B.C.; PATEL, R.K. The effect of microclimate inside low  
543 tunnels on off-season production of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.). **Scientia**  
544 **Horticulturae**, v.144, p.36-41, 2012. DOI: 10.1016/j.scienta.2012.06.025.
- 545 STRECK, N.A.; WEISS, A.; XUE, Q.; BAENZIGER, P.S. Incorporating a chronology  
546 response into the prediction of leaf appearance rate in winter wheat. **Annals of Botany**, v.92,  
547 p.181–190, 2003. DOI: 10.1093/aob/mcg121.
- 548 TANG, Y.; MA, X.; LI, M.; WANG, Y. The effect of temperature and light on strawberry  
549 production in a solar greenhouse. **Solar Energy**, v.195, p.318–328, 2020. DOI:  
550 10.1016/j.solener.2019.11.070.
- 551 WHITAKER, V.M. et al. A roadmap for research in octoploid strawberry. **Horticulture**  
552 **Research**, v.7, n.33, 2020. DOI: 10.1038/s41438-020-0252-1.

## Tabelas

553

554

555 **Tabela 1.** Valores dos coeficientes a, b, e  $X_0$  da equação logística  $Y = a/[1+(X/X_0)^b]$  e valor do  
 556 coeficiente de determinação ( $R^2$ ) ajustados para as variáveis número e massa fresca (MF)  
 557 acumulada durante o período de colheita de frutas de quatro clones de morango em quatro datas  
 558 de plantio em dois anos. Santa Maria, RS, 2021/2022.

Clones	Número de frutas/planta				MF de frutas (g planta <sup>-1</sup> )			
	a	$X_0$	b	$R^2$	a	$X_0$	b	$R^2$
-----18/06/2021-----								
Clone A	36,34	14,09	-1,45	0,99	306,63	6,46	-1,93	0,99
PRA Estiva	18,77	7,52	-1,89	0,99	214,03	5,95	-2,38	0,99
Albion	15,08	5,20	-1,94	0,99	187,72	5,13	-2,16	0,99
-----01/07/2021-----								
Clone A	28,46	9,10	-3,54	0,98	396,41	8,70	-2,36	0,97
PRA Estiva	22,46	10,41	-3,60	0,99	313,03	9,78	-2,95	0,99
Albion	27,82	12,65	-2,56	0,98	290,64	9,00	-2,91	0,98
-----29/04/2022-----								
Clone A	122,90	33,99	-2,21	1,00	1158,12	22,45	-2,07	1,00
PRA Estiva	112,88	34,68	-2,79	1,00	504,04	17,77	-3,76	1,00
Albion	165,31	49,64	-2,23	0,99	1041,29	26,34	-2,83	0,99
San Andreas	114,38	40,98	-2,16	0,99	1008,42	25,84	-2,72	1,00
-----29/06/2022-----								
Clone A	41,91	13,00	-4,31	0,99	582,07	10,84	-4,40	0,99
PRA Estiva	41,22	19,04	-2,88	0,98	535,91	17,15	-2,99	0,99
Albion	53,55	23,28	-2,34	0,98	580,52	16,82	-2,89	0,99
San Andreas	57,69	22,66	-2,55	0,98	560,59	16,49	-2,89	0,99

559

560 **Tabela 2.** Número de frutas, massa fresca por planta e massa fresca média de frutas por planta  
 561 durante o período de colheita de frutas de três clones de morango na data de plantio do dia  
 562 18/06/2021. Santa Maria, RS, 2021.

Tratamento	<sup>1</sup> NF/planta	MF de fruta (g planta <sup>-1</sup> )	MF média (g frutas <sup>-1</sup> )
Clones			
Clone A	10,73 a*	176,69 a	16,59 a
PRA Estiva	9,65 a	138,54 b	14,74 b
Albion	10,23 a	130,79 b	12,75 c
Subdivisão da bancada			
Leste	9,11 a	136,21 a	15,13 a
Centro	10,53 a	147,38 a	14,11 a
Oeste	10,97 a	162,44 a	14,83 a
Média	10,20	148,67	14,69
CV (%)	25,65	22,95	13,10

563 \*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Scott-  
 564 Knott, a 5% de probabilidade de erro. CV = coeficiente de variação. <sup>1</sup> Variáveis analisadas:  
 565 NF = número de frutas; MF = massa fresca.  
 566

567 **Tabela 3.** Número de frutas, massa fresca por planta e massa fresca média de frutas por planta  
 568 durante o período de colheita de frutas de três clones de morango na data de plantio do dia  
 569 01/07/2021. Santa Maria, RS, 2021.

Clones	<sup>1</sup> NF/planta	MF de fruta (g planta <sup>-1</sup> )	MF média (g frutas <sup>-1</sup> )
Clone A	20,04 a*	255,67 a	12,75 c
PRA Estiva	13,61 b	195,58 b	14,32 b
Albion	12,53 b	195,31 b	15,68 a
Média	15,39	215,57	14,25
CV (%)	21,46	22,57	8,69

570 \*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Scott-  
 571 Knott, a 5% de probabilidade de erro. CV = coeficiente de variação. <sup>1</sup> Variáveis analisadas:  
 572 NF = número de frutas; MF = massa fresca.

573 **Tabela 4.** Número de frutas, massa fresca por planta e massa fresca média de frutas por planta  
 574 durante o período de colheita de frutas de quatro clones de morango em duas datas de plantio.  
 575 Santa Maria, RS, 2022.

Clones	<sup>1</sup> NF/planta	MF de fruta (g planta <sup>-1</sup> )	MF média (g fruta <sup>-1</sup> )	-----29/04/2022-----			-----29/06/2022-----		
				NF/planta	MF de fruta (g planta <sup>-1</sup> )	MF média (g fruta <sup>-1</sup> )	NF/planta	MF de fruta (g planta <sup>-1</sup> )	MF média (g fruta <sup>-1</sup> )
Clone A	27,58 a*	467,16 a	16,91 a	27,05 a	462,53 a	17,24 a			
PRA Estiva	17,73 b	282,01 b	15,77 a	15,87 b	224,67 b	13,75 a			
Albion	18,08 b	287,72 b	15,91 a	15,70 b	252,45 b	16,29 a			
San Andreas	19,02 b	297,77 b	15,69 a	16,13 b	250,62 b	15,54 a			
Média	20,60	333,67	16,07	18,69	297,57	15,71			
CV (%)	10,12	17,50	13,66	17,54	19,95	15,51			

576 \*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Scott-  
 577 Knott, a 5% de probabilidade de erro. CV = coeficiente de variação. <sup>1</sup> Variáveis analisadas:  
 578 NF = número de frutas; MF = massa fresca.  
 579

580 **Tabela 5.** Média geral das características qualitativas de frutas de quatro clones de morango  
 581 em quatro datas de plantio em dois anos. Santa Maria, RS, 2021/2022.

Clones	<sup>1</sup> pH	SS (°Brix)	AT (%)	Relação (SS/AT)	L*	a*	b*	C*	$\alpha$ (°)
-----18/06/2021-----									
Clone A	3,57 a*	7,53 a	0,61 a	12,24 a	39,11 a	33,72 a	20,99 a	39,79 a	54,36 a
PRA Estiva	3,64 a	7,53 a	0,63 a	11,91 a	41,34 a	36,19 a	26,40 a	44,92 a	54,44 a
Albion	3,57 a	7,53 a	0,71 a	10,65 b	38,24 a	32,72 a	23,66 a	40,53 a	54,36 a
Média	3,59	7,53	0,65	11,60	39,56	34,21	23,68	41,74	55,87
CV (%)	4,06	8,43	12,13	6,80	17,85	14,55	28,57	18,16	8,89
-----01/07/2021-----									
Clone A	3,44 a	9,25 a	0,95 a	9,81 a	35,92 a	35,82 a	22,43 a	42,36 a	58,44 b
PRA Estiva	3,48 a	6,88 b	0,82 a	8,39 a	30,11 a	29,57 a	13,87 a	32,67 a	65,03 a
Albion	3,44 a	7,60 b	0,99 a	7,75 a	32,15 a	34,08 a	19,02 a	39,04 a	60,90 b
Média	3,45	7,91	0,92	8,65	32,73	33,16	11,44	30,02	61,46
CV (%)	1,90	14,61	13,76	12,82	10,36	11,07	22,74	13,60	4,65
-----29/04 e 29/06/2022-----									
Clone A	3,48 a	7,08 a	0,70 b	10,20 a	31,13 a	34,43 a	18,32 a	38,88 a	62,07 a
PRA Estiva	3,48 a	6,93 a	0,74 b	9,51 a	30,82 a	32,97 a	18,18 a	37,68 a	61,49 a
Albion	3,38 a	7,18 a	0,85 a	8,48 b	30,51 a	32,74 a	17,53 a	37,15 a	62,08 a
San Andreas	3,40 a	6,95 a	0,79 a	8,99 b	30,33 a	32,43 a	17,33 a	36,79 a	62,11 a
Média	3,43	7,04	0,77	9,29	30,70	33,10	17,84	37,63	61,94
CV (%)	4,32	6,55	10,49	9,96	9,26	13,68	22,15	15,52	3,49

582 \*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Scott-  
 583 Knott, a 5% de probabilidade de erro. CV = coeficiente de variação. <sup>1</sup> Variáveis analisadas:  
 584 pH = potencial hidrogeniônico; SS = sólidos solúveis; AT = acidez titulável (% e/ou g ácido  
 585 cítrico em 100 mL<sup>-1</sup>), L\* = luminosidade; a\* e b\* = coordenadas de cromaticidade; C\* = croma;  
 586  $\alpha$  = ângulo de matiz.

587 **Tabela 6.** Média das características qualitativas de frutas de quatro clones de morango em duas  
 588 datas de plantio avaliadas em 28/11/2022. Santa Maria, RS, 2022.

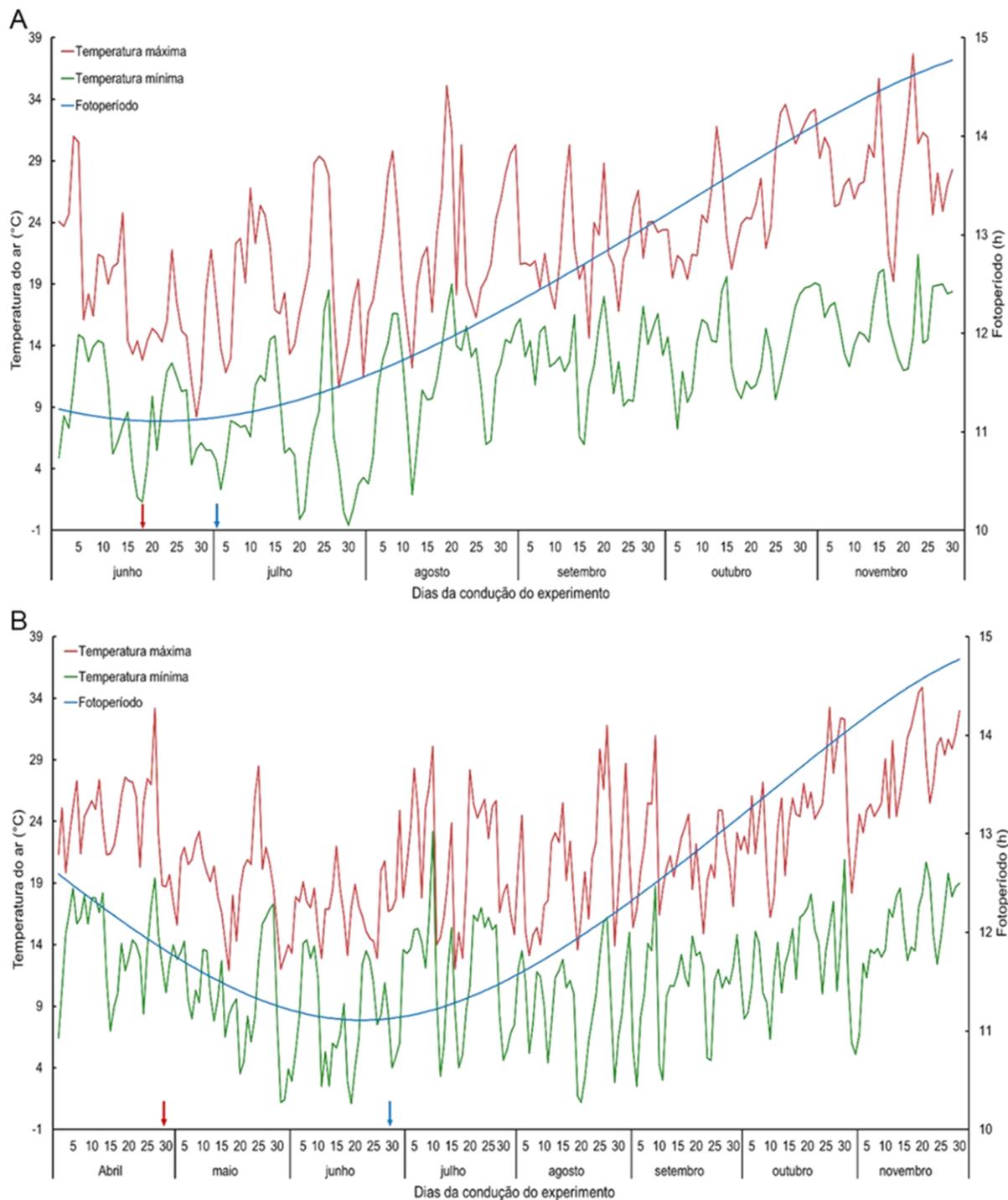
Tratamentos	<sup>1</sup> pH	SS (°Brix)	AT (%)	Relação (SS/AT)	L*	a*	b*	C*	$\alpha$ (°)
Clones									
Clone A	3,29 a*	8,45 a	0,71 a	11,90 a	30,19 a	30,48 a	15,77 a	34,32 a	62,64 a
PRA Estiva	3,29 a	8,00 a	0,80 a	10,00 a	28,41 a	28,89 a	15,18 a	32,64 a	62,28 a
Albion	3,15 a	7,75 a	0,90 a	8,59 a	29,85 a	31,51 a	17,27 a	35,93 a	61,28 a
San Andreas	3,24 a	8,00 a	0,90 a	8,87 a	27,79 a	28,20 a	13,89 a	31,44 a	63,78 a
Época de transplante									
29/04/2022	3,24 a	8,05 a	0,83 a	9,87 a	29,31 a	29,76 a	15,63 a	33,62 a	62,34 a
29/06/2022	3,24 a	8,05 a	0,83 a	9,80 a	28,81 a	29,78 a	15,43 a	33,55 a	62,65 a
Média	3,24	8,05	0,83	9,84	29,06	29,77	15,53	33,58	62,49
CV (%)	0,68	0,72	1,07	1,19	1,58	0,53	1,38	0,64	0,42

589 \*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Scott-  
 590 Knott, a 5% de probabilidade de erro. CV = coeficiente de variação. <sup>1</sup> Variáveis analisadas:  
 591 pH = potencial hidrogeniônico; SS = sólidos solúveis; AT = acidez titulável (% e/ou g ácido  
 592 cítrico em 100 mL<sup>-1</sup>), L\* = luminosidade; a\* e b\* = coordenadas de cromaticidade; C\* = croma;  
 593  $\alpha$  = ângulo de matiz.

594

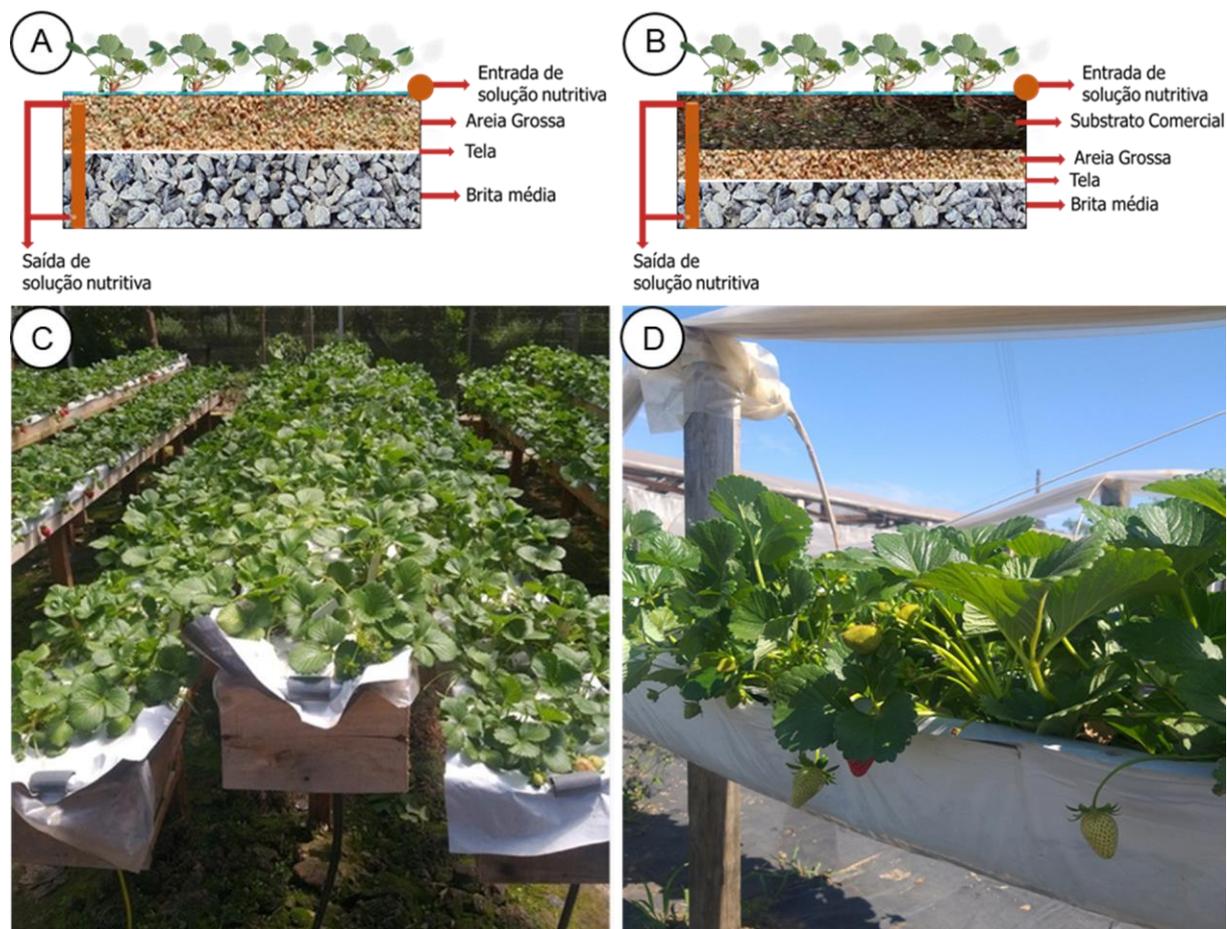
## Figuras

595



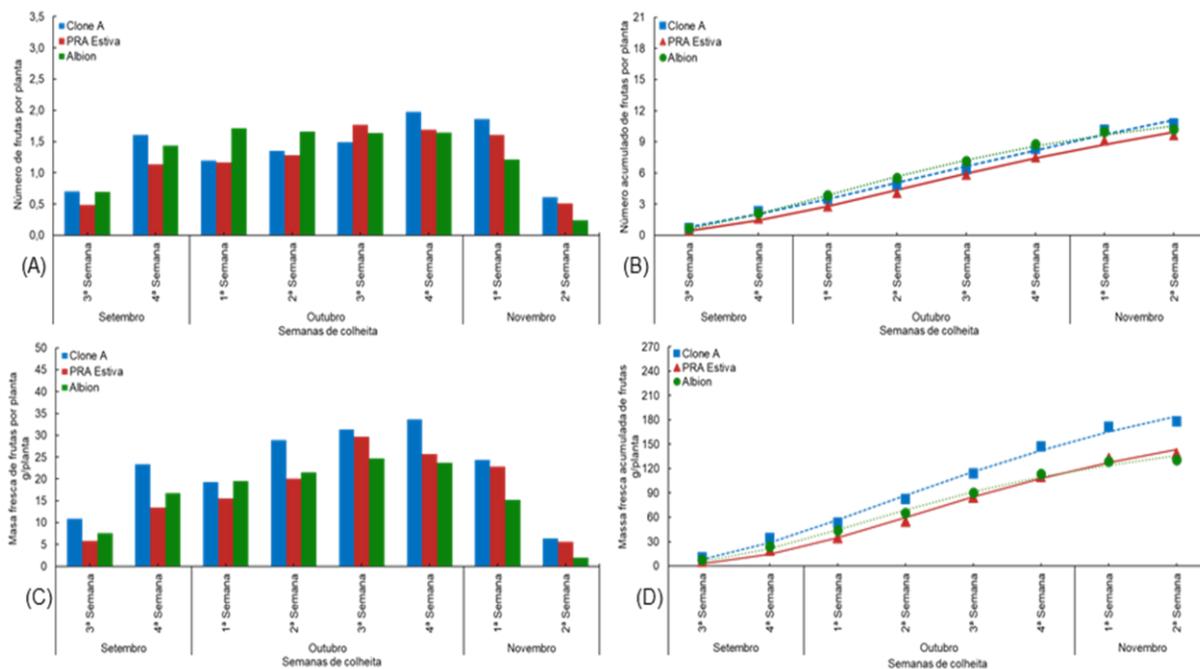
596

597 **Figura 1.** Temperaturas máximas e mínimas diárias do ar (°C) e fotoperíodo (h) durante os  
 598 experimentos em Santa Maria, RS. Seta de cor vermelha e azul indicam a primeira e a segunda  
 599 data de plantio, respectivamente, no ano de 2021 (A) e 2022 (B).



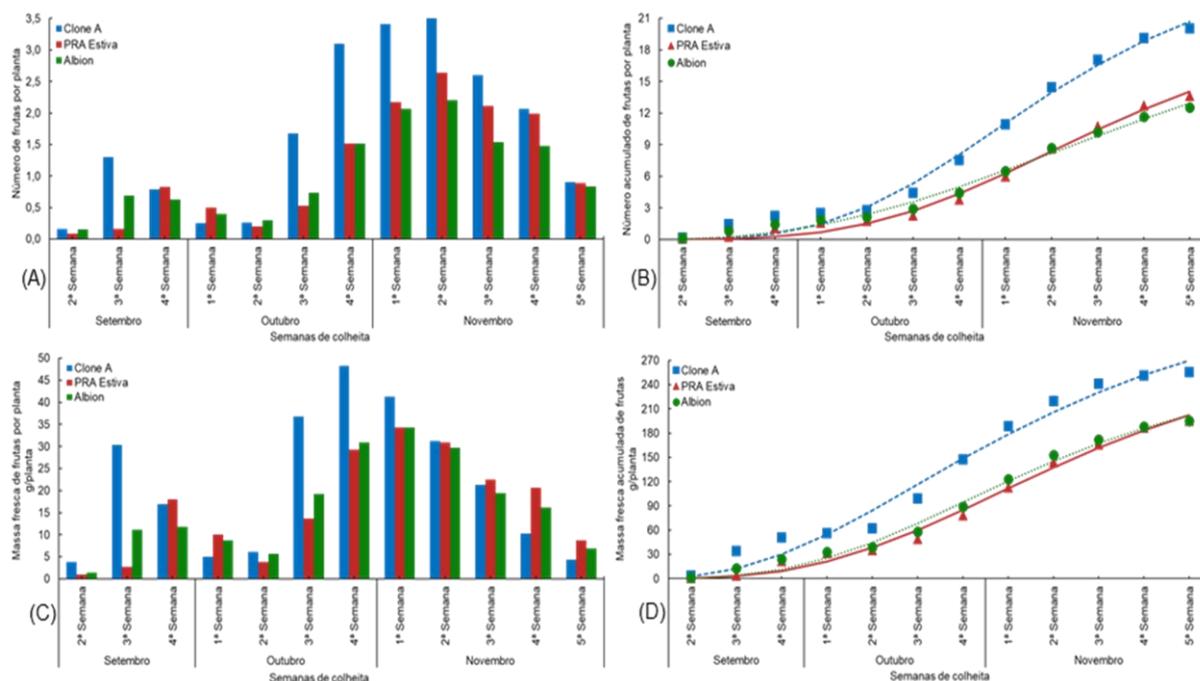
600

601 **Figura 2.** Desenho esquemático do sistema fechado de cultivo sem solo com areia grossa como  
 602 substrato (A), substrato comercial (B), sistema fechado de cultivo sem solo com areia grossa  
 603 como substrato construído no produtor (C) e substrato comercial construído no Departamento  
 604 de Fitotecnia da UFSM (D). Santa Maria, RS, 2021/2022.



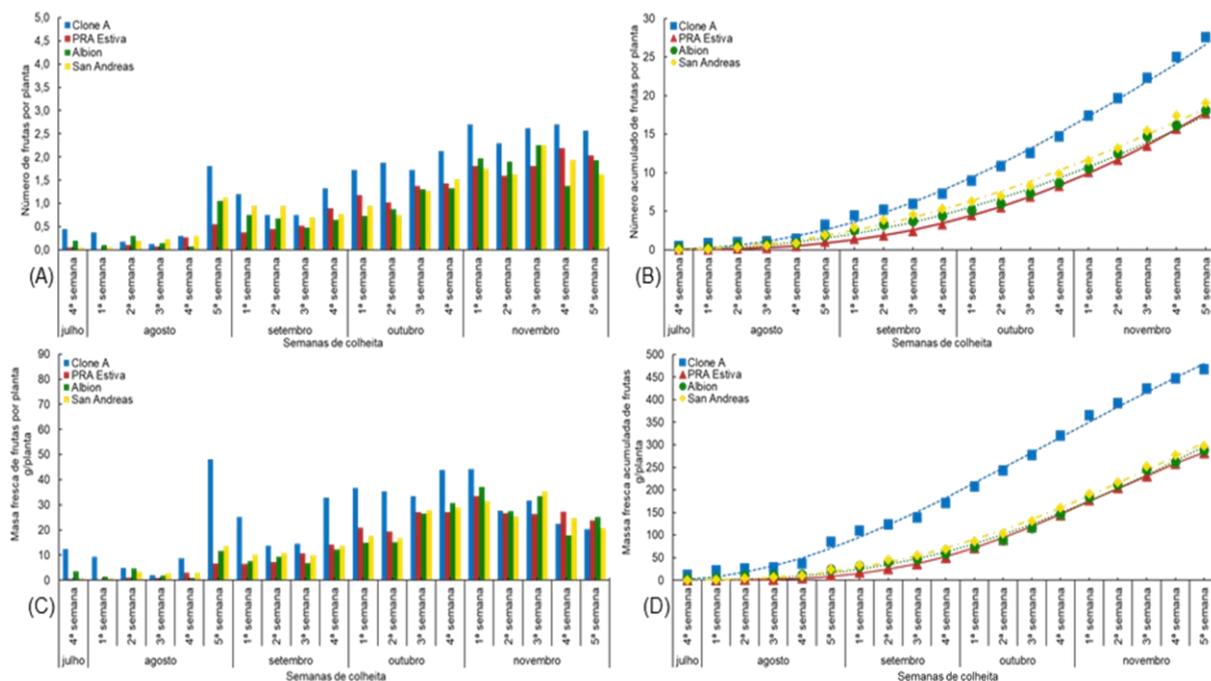
605 **Figura 3.** Produção semanal e acumulada do número (A, B) e massa fresca de frutas de  
 606 morango (C, D) durante o período de colheita de frutas do primeiro experimento (plantio em  
 607 18/06/2021). Santa Maria, RS, 2021.  
 608

609



610 **Figura 4.** Produção semanal e acumulada do número (A, B) e massa fresca de frutas de  
 611 morango (C, D) durante o período de colheita de frutas do segundo experimento (plantio em  
 612 01/07/2021). Santa Maria, RS, 2021.  
 613

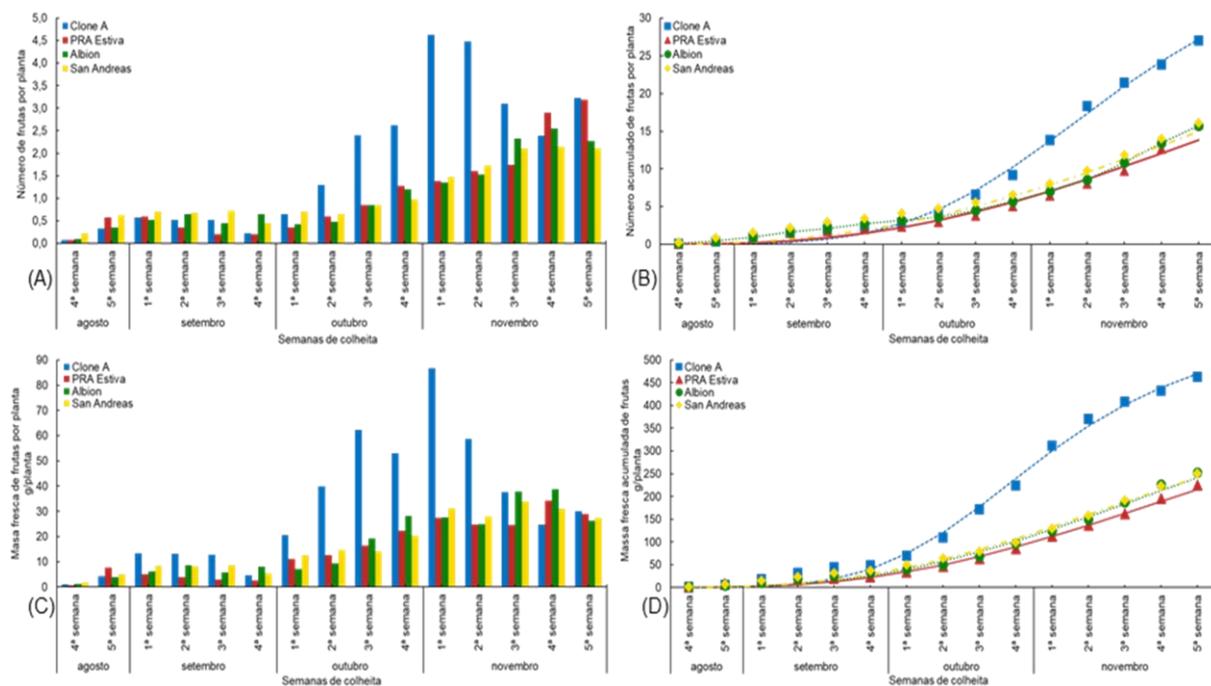
614



615

616 **Figura 5.** Produção semanal e acumulada do número (A, B) e massa fresca de frutas de  
 617 morango (C, D) durante o período de colheita de frutas do terceiro experimento (plantio em  
 618 29/04/2022). Santa Maria, RS, 2022.

619



620

621 **Figura 6.** Produção semanal e acumulada do número (A, B) e massa fresca de frutas de  
 622 morango (C, D) durante o período de colheita de frutas do quarto experimento (plantio em  
 623 29/06/2022). Santa Maria, RS, 2022.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O custo inicial de uma estrutura para a produção de frutas de morango teve um aumento expressivo nos últimos anos, cada vez mais é necessário pensar em diminuir os custos de produção e aumentar a lucratividade do produtor. Uma alternativa econômica e sustentável é o reaproveitamento da água e da solução nutritiva excedente drenada pelo substrato, através do sistema fechado de cultivo sem solo em estufa ou em túnel alto com cobertura plástica para proteger a cultura da chuva. Ambos os sistemas de cultivo sem solo apresentados são uma opção interessante para a produção de frutas de morango, pois combinam alta produtividade e qualidade de fruta, baixo custo e reduz os impactos ambientais.

O Clone A tem características de precocidade e alta produtividade, sua qualidade de fruta é similar as cultivares já existentes no Brasil. As universidades e institutos de pesquisa devem buscar fazer experimentos dentro de propriedade agrícolas para que os produtores possam ter acesso ao novo conhecimento e validar os resultados da pesquisa em condições de cultivo do produtor. O conhecimento gerado pela pesquisa somente será adotado pelos agricultores se eles tiverem a oportunidade de observar na prática as melhorias em sua propriedade ou em propriedades de outros produtores. Cada vez mais os produtores de frutas de morango precisam estar atento no surgimento de novas cultivares e tecnologias de produção.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, M. C.; MATOSO, E. S.; PEIL, R. M. N. What is the profile of strawberry producers in the south Brazilian region and what do they think about substrate cultivation? *Horticultura Brasileira*, v.38, n.4, p.428-433, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0102-0536202004014>.
- AMERI, A. et al. Flowering times and some growth indicators of strawberry were affected by physical properties of the growing media. *Scientia Horticulturae*, v. 272, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109601>.
- ANTUNES, L. E. C.; HOFFMANN, A. **Pequenas frutas: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília – DF: EMBRAPA, 2012. 194 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/101773/1/500perguntaspequenasfrutas.pdf>.
- ANTUNES, L. E. C.; PERES, N. A. Strawberry Production in Brazil and South America. *International Journal of Fruit Science*, v. 13, n. 1 - 2, p. 156-161, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/15538362.2012.698147>.
- ANTUNES, L. E. C.; VIGNOLO, G. K.; GONÇALVES, M.A. Morango mostra tendência de crescimento de mercado. *Campo&Negócios - Anuário HF*, p. 54 - 57. 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/213216/1/Anuario-HF-2020-LEC-Antunes.pdf>.
- ANTUNES, O. T. et al. Floração, frutificação e maturação de frutos de morangueiro cultivados em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, v. 24, n. 4, p. 426-430, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362006000400006>.
- BANDEIRA, A. L. Pequenas frutas: tecnologia de produção. Pequenas frutas atraem consumidor brasileiro. *Informe Agropecuário*, v. 33, n. 268, p. 1 – 104, 2012. Disponível em: <https://www.epamig.br/download/informe-agropecuario-268-pequenas-frutas-tecnologias-de-producao-2012/?wpdmdl=3598&refresh=63b80c710fcb11673006193>.
- BARTH, E. et al. Multivariate analysis methods improve the selection of strawberry genotypes with low cold requirement. *Nature: Scientific Reports*, v. 12, e11458, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-15688-4>.
- BARTH, E. et al. Selection of experimental hybrids of strawberry using multivariate analysis. *Agronomy*, v. 10, n. 4, p. 598, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy10040598>.
- BARTH, E. et al. Yield and quality of strawberry hybrids under subtropical conditions. *Genetics and Molecular Research*, v. 18, n. 2, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.4238/gmr18156>.
- BIANCO, M. et al. Identification and quantification of phospholipids in strawberry seeds and pulp (*Fragaria × ananassa* cv San Andreas) by liquid chromatography with electrospray ionization and tandem mass spectrometry. *Journal of Mass Spectrometry*, v. 55, n. 11, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jms.4523>.

BISOGNIN, D. A. et al. Método de propagação de plantas. **PI 1105802-1 - Revista de Propriedade Industrial**, v. 2511, p. 644 - 690, 2019.

BRASIL. Decreto n. 10.586, de 18 de dezembro de 2020. Regulamenta a Lei nº 10.711, de 05 de agosto de 2003 que dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudanças. **Diário Oficial da União**. Brasília. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/2003/110.711.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/110.711.htm)>. Acesso em: 04 de jan. 2021.

BUFFON, P. A. et al. A Phenological scale of statics. **Annals of Applied Biology**, v. 181, p. 275 - 287, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/aab.12765>.

CARPENEDO, S.; ANTUNES, L. E. C.; TREPTOW, R. O. Caracterização sensorial de morangos cultivados na região de Pelotas. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 4, p. 565 - 570, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-053620160417>.

CHONG, L. et al. Developing an LED preservation technology to minimize strawberry quality deterioration during distribution. **Food Chemistry**, v. 366, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130566>.

COCCO, C. et al. Crown size and transplant type on the strawberry yield. **Scientia Agricola**, v. 68, n.4, p. 489 - 493, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162011000400015>.

COCCO, C. et al. Desempenho produtivo de genótipos de morangueiro de dia neutro na Serra Gaúcha. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, v. 6, n. 2, p. 155 - 163, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.21674/2448-0479.62.155-163>.

CONTIGIANI, E. V. et al. Postharvest quality of strawberry fruit (*Fragaria x ananassa* Duch cv. Albion) as affected by ozone washing: fungal spoilage, mechanical properties, and structure. **Food Bioprocess Technol**, v. 11, p. 1639 - 1650, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11947-018-2127-0>.

DAL PICIO, M. et al. Fruit yield of strawberry stock plants after runner tip production by different cultivars. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 3, p. 375 - 379, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362013000300006>.

DARROW, G. M. **The strawberry: History, breeding and physiology**. New York: Holt, Rinehart and Wiston, New York, 1966. 477 p.

DENNY, E. G. et al. Standardized phenology monitoring methods to track plant and animal activity for science and resource management applications. **International Journal of Biometeorology**, v. 58, p. 591 - 601, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00484-014-0789-5>.

DEPARDIEU, C. et al. Sawdust and bark-based substrates for soilless strawberry production: irrigation and electrical conductivity management. **PLOS ONE**, v. 11, n. 4, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154104>.

DIEL, M. I. et al. Nonlinear regression for description of strawberry (*Fragaria x ananassa*) production. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 94, p. 259 - 273, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/14620316.2018.1472045>.

DIEL, M. I. et al. Production of biquinho pepper in different growing seasons characterized by the logistic model and its critical points. **Ciência Rural**, v. 50, n. 4, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190477>.

FACHINELLO, J. C. et al. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, São Paulo, volume especial, p. 109 - 120, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000500014>.

FAGHERAZZI, A. F. et al. Strawberry production progress in Brazil. **Acta Horticultura**, v. 1, p. 937 - 940, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1156.138>.

FERREIRA, J. F. S.; LIU, X.; SUAREZ, D. L. Fruit yield and survival of five commercial strawberry cultivars under field cultivation and salinity stress. **Scientia Horticulturae**, v. 243, p. 401 - 410, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.07.016>.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS.  
**FAOSTAT: Agricultural Production/strawberry**. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat>.  
Acessado em: 26 de outubro de 2022.

FRANQUEZ, G. C. **Seleção e multiplicação de clones de morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.)**. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008. 122 p. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/3165/GUSTAVOFRANQUEZ.pdf>.

GALVÃO, A. G. et al. Breeding new improved clones for strawberry production in Brazil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 39, n. 2, p. 149 - 155, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v39i2.30773>.

GIMÉNEZ, G. et al. Cell size in trays for the production of strawberry plug transplants. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 7, p. 726 - 729, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009000700012>.

GIMÉNEZ, G.; ANDRIOLO, J. L.; GODÓI, R. dos S. Cultivo sem solo no morangueiro. **Ciência Rural**, v. 38, n. 1, p. 273 - 279, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000100048>.

GODOI, R. S. et al. Produção e qualidade do morangueiro em sistemas fechados de cultivo sem solo com emprego de substratos. **Ciência Rural**, v. 39, n. 4, p. 1039 - 1044, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000054>

GONÇALVES, M. A.; ANTUNES, L. E. C. Mudanças Sadias: o início do sucesso no cultivo de morango. **Campo&Negócio - Hortifruti**, n. 128, p. 48 - 51, 2016. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1036614/1/LuisEduardoCampoLavouraMicheljan16.pdf>.

GONÇALVES, M. A. et al. **Produção de morangos fora do solo**. Pelotas, RS: EMBRAPA, 2016. 32 p. Disponível em:  
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/145140/1/Documento-410.pdf>.

HANCOCK, J. F. Ecological genetics of natural strawberries species. **HortScience**, v. 25, n. 8, p. 869 - 871, 1990. Disponível em: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.25.8.869>.

HANCOCK, J. F.; SJULIN, T. M.; LOBOS, G. A. Strawberries. In: HANCOCK, J. F. (Ed.). **Temperate fruit crop breeding**. New York: Springer, 2008. 455 p.

HEIDE O. M.; STAVANG, J. A.; SONSTEBY, A. Physiology and genetics of flowering in cultivated and wild strawberries - a review. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 88, p. 1 - 18, 2013. Disponível em:  
<https://doi.org/10.1080/14620316.2013.11512930>.

KIRSCHBAUM, D. S. et al. Strawberry in South America: from the Caribbean to Patagonia. **Acta Horticulturae**, v. 1156, n. 1, p. 947 - 956, 2017. Disponível em:  
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1156.140>.

KUNIHISA, M. Studies using DNA markers in *Fragaria x ananassa*: genetic analysis, genome structure, and cultivar identification. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, v. 80, n. 3, p. 231 - 243, 2011. Disponível em:  
<https://doi.org/10.2503/JJSHS1.80.231>.

LABADIE, M.; DENOYES, B.; GUÉDON, Y. Identifying phenological phases in strawberry using multiple change-point models. **Journal of Experimental Botany**, v. 70, n. 20, p. 5687 - 5701, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jxb/erz331>.

LIMA, M. A.; CALEGARIO, F. F. Morango: produção segura. **Revista Cultivar Hortalças e Frutas**, n. 65, p. 24 - 25, 2011.

LIN, Y. et al. Joint transcriptomic and metabolomic analysis reveals differential flavonoid biosynthesis in a high-flavonoid strawberry mutant. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.919619>.

LISTON, A.; CRONN, R.; ASHMAN, T. L. *Fragaria*: a genus with deep historical roots and ripe for evolutionary and ecological insights. **American Journal of Botany**, v. 101, n. 10, p. 1686 - 1699, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.3732/ajb.1400140>.

LOPES, H. R. D. et al. **A cultura do morangueiro no Distrito Federal**. 2. ed. Brasília- DF: EMATER - DF, 2019. 90 p. Disponível em:  
[http://biblioteca.emater.df.gov.br/jspui/bitstream/123456789/91/1/A-Cultura-do-Morangueiro\\_CM.pdf](http://biblioteca.emater.df.gov.br/jspui/bitstream/123456789/91/1/A-Cultura-do-Morangueiro_CM.pdf).

MATHEY, M. M. et al. Genotype by environment interactions and combining ability for strawberry families grown in diverse environments. **Euphytica**, v. 213, n. 5, p. 112, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10681-017-1892-6>.

MAZARO, S. M. et al. Produção e qualidade de morangueiro sob diferentes concentrações de calda bordalesa, sulfocálcica e biofertilizante supermagro, **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6, p. 3285 - 3294, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n6Supl1p3285>.

MEIER, U. et al. Phänologische entwicklungsstadien des kernobstes (*Malus domestica* Borkh. und *Pyrus communis* L.), des steinobstes (*Prunus* - Arten), der johannisbeere (*Ribes* - Arten) und der erdbeere (*Fragaria x ananassa* Duch.). **Nachrichtenbl Deutschland Pflanzenschutz**, v. 46, p. 141 - 153, 1994. Disponível em: [https://www.openagrar.de/receive/openagrar\\_mods\\_00067136](https://www.openagrar.de/receive/openagrar_mods_00067136)

MEZZETTI, B. et al. Status of strawberry breeding programs and cultivation systems in Europe and the rest of the world. **Journal of Berry Research**, v. 8, n. 3, p. 205 - 221, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3233/JBR-180314>.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). 2022. **Cultivar Web**. Disponível em: [https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares\\_registradas.php](https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php). Acesso em: 11 de dezembro 2022.

MISCHAN, M. M.; PINHO, S. Z.; CARVALHO, L. R. Determination of a point sufficiently close to the asymptote in nonlinear growth functions. **Scientia Agricola**, v. 68, n. 1, p. 109 - 114, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162011000100016>.

MORALES, R. G. F. et al. Produtividade do morangueiro em função da adubação orgânica complementar em cultivo protegido. **Revista Ambiência**, v. 8, n. 1, p. 23 - 33, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.5777/ambiencia.2012.01.02>.

MORRA, L. et al. Biodegradable mulching film for strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.): effects on film duration, crop yields, qualitative, and nutraceutical traits of fruits. **Plants**, v. 11, e1726, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/plants11131726>.

MUSA, C. I. et al. Teor de compostos bioativos em três cultivares de morangos cultivados em solo convencional no município de Bom Princípio/RS: sua importância para a saúde humana. **Caderno pedagógico**, v. 12, n. 1, p. 56 - 66, 2015. Disponível em: <http://www.univates.com.br/revistas/index.php/cadped/article/view/932/920>.

NASCIMENTO, W. M.; PEREIRA, R. B. **Hortaliças de propagação vegetativa: técnicas de propagação**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2016. 229 p. Disponível em: <https://cporgsc.files.wordpress.com/2011/10/hortaliccca7as-de-propagacao-vegetativa.pdf>.

NUNES, C. F. et al. The genetic diversity of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) hybrids based on ISSR markers. **Acta Scientiarum, Agronomy**, v. 35, n. 4, p. 443 - 452, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v35i4.16737>.

OLIVEIRA, A. B. C.; BONOW, S. Novos desafios para o melhoramento genético da cultura do morangueiro no Brasil. **Informe Agropecuário**, v. 33, n. 268, p. 21 - 26, 2012. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/69365/1/Ana-Claudia-p.-21-26.pdf>.

OLIVEIRA, R. P.; SCIVITTARO, W. B. Produção de frutos de morango em função de diferentes períodos de vernalização das mudas. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 1, p. 91 - 95, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362009000100018>.

ORNELAS-PAZ, J. J. et al. Physical attributes and chemical composition of organic strawberry fruit (*Fragaria x ananassa* Duch, Cv. Albion) at six stages of ripening. **Food Chemistry**, v. 138, p. 372 - 381, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.11.006>.

OTTO, R. F. et al. Cultivares de morango de dia neutro: produção em função de doses de nitrogênio durante o verão. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 217 - 221, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362009000200017>.

PEREIRA, W. R. et al. Produtividade de cultivares de morangueiro, submetidas a diferentes épocas de plantio. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 3, p. 500 - 503. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362013000300026>.

PRAZERES, C. S.; COELHO, C. M. M. Divergência genética e heterose relacionada à qualidade fisiológica em sementes de milho. **Melhoramento Genético Vegetal**, v. 75, n. 4, p. 411 - 417, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1678-4499.368>.  
QP MUDAS. 2022. **QP Comércio e Produção de Mudanças e Insumos LTDA**. Disponível em: <https://www.qpmudas.com.br/>. Acesso em: 22 de dezembro de 2022.

RAHMAN, M. M. et al. Effect of planting time and genotypes growth, yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). **Scientia Horticulturae**, v. 167, p. 56 - 62, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.12.027>.

ROSA, H. T. et al. Base temperature for leaf appearance and phyllochron of selected strawberry cultivars in a subtropical environment. **Bragantia**, v. 70, n. 4, p. 939 - 945, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052011000400029>.

ROUSSEAU-GUEUTIN, M. et al. Tracking the evolutionary history of polyploidy in *Fragaria* L. (strawberry): new insights from phylogenetic analyses of low-copy nuclear genes. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 51, n. 3, p. 515 - 530, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2008.12.024>.

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. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.09.001>.

SARI, B. G. et al. Nonlinear growth models: An alternative to ANOVA in tomato trials evaluation. **European Journal of Agronomy**, v. 104, p. 21 - 36, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2018.12.012>.

SARI, B.G. et al. Nonlinear modeling for analyzing data from multiple harvest crops. **Agronomy Journal**, v. 110, p. 2331 - 2342, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.2134/agronj2018.05.0307>.

SCHWAB, N. T. et al. A phenological scale for the development of *Gladiolus*. **Annals of Applied Biology**, v. 166, p. 496 - 507, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/aab.12198>.

STEGMEIR, T. L. et al. Performance of an elite strawberry population derived from wild germplasm of *Fragaria chiloensis* and *F. virginiana*. **Hortscience**, v. 45, n. 8, p. 1140 - 1145, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.45.8.1140>.

STRECK, N. A.; SILVA, S. D.; LANGNER, J. A. Assessing the response of maize phenology under elevated temperature scenarios. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, n. 1, p. 1 - 12, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-77862012000100001>.

TAZZO, I. F. et al. 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. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0100-2945-097/14>.

WHITAKER, V. M. et al. A roadmap for research in octoploid strawberry. **Nature: Horticulture Research**, v. 7, n. 33, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41438-020-0252-1>.

WHITAKER, V. M. et al. Historical trends in strawberry fruit quality revealed by a trial of University of Florida cultivars and advanced selections. **American Society for Horticulture Science**, v. 46, n. 4, p. 553 - 557, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.46.4.553>.

WILHELM, W. W.; McMASTER, G. S. Importance of the phyllochron in studying development and growth in grasses. **Crop Science**, v. 35, n. 1, p. 1 - 3, 1995. Disponível em: <https://doi.org/10.2135/cropsci1995.0011183X003500010001x>.

WITTER, S. et al. Desempenho de cultivares de morango submetidas a diferentes tipos de polinização em cultivo protegido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 1, p. 58 - 65, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012000100009>.

YANG, Y.; DAVIS, T. M. A new perspective on polyploid *Fragaria* (strawberry) genome composition based on large-scale, multi-locus phylogenetic analysis. **Genome Biology and Evolution**, v. 9, n. 12, p. 3433 - 3448, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/gbe/evx214>.

ZANON, A. J. et al. **Ecofisiologia da soja: visando altas produtividades**. Santa Maria: 2018, 136 p.

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. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-053620190101>.