

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

Jacson Ricardo Librelotto

**FILOCRONO DE PLANTAS MATRIZES E PRODUÇÃO DE PONTAS  
DE ESTOLÃO DE MORANGO**

Santa Maria, RS  
2023

**Jacson Ricardo Librelotto**

**FILOCRONO DE PLANTAS MATRIZES E PRODUÇÃO DE PONTAS DE  
ESTOLÃO DE MORANGO**

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. Dilson Antônio Bisognin, PhD.

Santa Maria, RS  
2023

LIBRELOTTO, JACSON RICARDO

FILOCRONO DE PLANTAS MATRIZES E PRODUÇÃO DE PONTAS DE  
ESTOLÃO DE MORANGO / JACSON RICARDO LIBRELOTTO.- 2023.

50 p.; 30 cm

Orientador: NEREU AUGUSTO STRECK

Coorientadores: DILSON ANTONIO 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* Duch 2. Dia neutro 3. Cultivo sem  
solo 4. Área foliar 5. Massa seca I. STRECK, NEREU AUGUSTO II.  
BISOGNIN, DILSON ANTONIO III. ZANON, ALENCAR JUNIOR IV. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo  
autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca  
Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Declaro, JACSON RICARDO LIBRELOTTO, 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.

**Jacson Ricardo Librelotto**

**FILOCRONO DE PLANTAS MATRIZES E PRODUÇÃO DE PONTAS DE  
ESTOLÃO DE MORANGO**

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 31 de julho de 2023

---

**Dilson Antônio Bisognin, Ph.D. (UFSM)**  
**(Presidente - Orientador)**

---

**Diniz Fronza, Dr. (UFSM)**  
**(Examinador)**

---

**Michel Rocha da Silva, Dr (Crops Team)**  
**(Examinador)**

Santa Maria, RS  
2023

## **DEDICÁTORIA**

**Dedico**

A todos que caminham e acreditam em mim.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, pelo dom da vida.

À Jacob e Lorecí Librelotto, e Jardel Librelotto, meus pais e irmão, meus melhores amigos e maiores incentivadores. Agradeço por sonharem comigo, por serem meu alicerce, meu porto seguro, pelos gestos e palavras de afeto, por me mostrarem o verdadeiro significado da vida, e serem fragmentos constituintes daquilo que me torno hoje e a cada dia.

À Universidade Federal de Santa Maria, pela contribuição na minha formação acadêmica, pelo ensino público, moradia, alimentação e demais auxílios gratuitos e de qualidade dentro das possibilidades disponíveis.

Aos meus orientadores Professores Dilson A. Bisognin e Nereu A. Streck, pela dedicação, paciência, confiança, apoio e compartilhamento de conhecimentos.

Aos colegas do Núcleo de Melhoramento e Propagação de Plantas e demais colegas do departamento de fitotecnia da UFSM, pelo comprometimento na execução das tarefas, coleta de dados, e acima de tudo pela amizade em todos os momentos desta árdua jornada, por todo o aprendizado e troca de conhecimentos, por contribuírem de forma tão especial para o meu crescimento profissional e pessoal.

Ao CNPq pela oportunidade e concessão da bolsa.

E a todos que, de alguma maneira, contribuíram para que este momento se tornasse realidade.

Muito obrigado.

## EPÍGRAFE

“Não ganhe o mundo e perca sua alma;  
sabedoria é melhor que prata e ouro.”

Bob Marley

## RESUMO

### FILOCRONO DE PLANTAS MATRIZES E PRODUÇÃO DE PONTAS DE ESTOLÃO DE MORANGO

AUTOR: Jacson Ricardo Librelotto  
ORIENTADOR: Dilson Antônio Bisognin

O morango é comumente considerado a rainha das frutas vermelhas, se constituindo em uma ótima opção de cultivo e renda. No Brasil, o cultivo está se expandindo e desempenha um importante papel socioeconômico para os produtores. Grande parte dos produtores dependem da importação de mudas de raiz nua, devido à escassez de material de boa qualidade disponível no Brasil. Por isso, a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) vem investindo em pesquisas científicas e tecnológicas que já resultaram na concessão e no licenciamento da tecnologia de produção de mudas com torrão (PI1105802-1), a partir do enraizamento de pontas estolões retirados precocemente da planta matriz. O objetivo deste trabalho foi estudar o filocrono de plantas matrizes e a produção de pontas de estolão de morango em sistema fechado de cultivo sem solo. Foram avaliadas as cultivares Albion e Estiva e o clone A de morango nas safras de 2021/22 e 2022/23. Foram realizadas avaliações semanais da produção de pontas de estolão, da área foliar, do número de folhas e da matéria seca retirada a cada poda verde. Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação do Núcleo de Melhoramento e Propagação Vegetativa de Plantas, do Departamento de Fitotecnia da UFSM. O filocrono da planta matriz e o coeficiente de forma da folha para a estimativa da área foliar variam com a cultivar avaliada. A massa seca de folhas retiradas para o ajuste do índice de área foliar é relativamente constante após o estabelecimento das plantas matrizes. A produção de pontas de estolão varia com a cultivar e com a época de coleta, indicando que existem picos de produção que são característicos de cada cultivar de morango.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa* Duch. Dia neutro. Cultivo sem solo. Área foliar. Massa seca.



## ABSTRACT

### PHYLLOCHRON OF STOCK PLANTS AND PRODUCTION OF STRAWBERRY RUNNER TIPS

AUTHOR: Jacson Ricardo Librelotto

ADVISOR: Dilson Antônio Bisognin

Strawberry is commonly considered the queen of red fruits, constituting a great option for cultivation and farmer's income. In Brazil, its cultivation is expanding and plays an important socio-economical role for strawberry growers. Most farmers depend on importing bare root plantlets, due to the scarcity of good quality material available in Brazil. For that reason, the Federal University of Santa Maria (UFSM) has been developing new technologies that resulted in a patent invention (PI1105802-1) and licensing for the production of plug plantlets from runner tips taken early from the sock plant. The aim of this work was to study the phyllochron of stock plants and the production of strawberry runner tips in a closed soilless cultivation system. The Albion and Estiva cultivars and the advanced clone A of strawberry were evaluated in the 2021/22 and 2022/23 grown seasons. Weekly evaluations of the production of runner tips, leaf area, number of leaves, and dry matter removed at each green pruning were carried out. The experiments were carried out in a greenhouse at the Breeding and Vegetative Propagation Center, of the Department of Plant Science of the UFSM. The phyllochron of the stock plant and the leaf-shape coefficient for estimating the leaf area varies with the evaluated cultivar. The dry mass of the removed leaves for the adjustment of the leaf area index is relatively constant after the establishment of the stock plants. The production of runner tips varies with the cultivar and with the time of collection, indicating that there are production peaks that are characteristic of each strawberry cultivar.

**Keywords:** *Fragaria x ananassa* Duch. Neutral day. Soilless cultivation. Leaf area. Dry matter.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Desenho esquemático do sistema fechado de cultivo sem solo com areia grossa como substrato (A), plantas matrizes antes (B) e após (C) a poda verde das folhas, croqui da bancada de cultivo nas diferentes densidades de plantio (D) na safra de 2021/2022 e na safra de 2022/2023 somente no espaçamento de 15 cm x 13 cm. Santa Maria, RS, 2023.....25
- Figura 2.** Layout do software WinFolia<sup>TM</sup> com dados de comprimento, largura e área dos três folíolos necessários para a determinação do coeficiente de forma (A), diagrama da folha trifoliada de morango mostrando as posições de medição do comprimento e da largura de cada folíolo usados para estimar a área da folha, conforme adaptações de Jung Su Jo (2022) (B), quantificação não destrutiva da largura (C) e do comprimento (D) do folíolo central. Santa Maria, RS, 2023.....28
- Figura 3.** Temperaturas máximas e mínimas diárias do ar (°C) e fotoperíodo (h) durante o período de condução dos experimentos nas safras de 2021/2022 (A) e 2022/2023 (B), em Santa Maria, RS.....29
- Figura 4.** Regressão da média do número de folhas (NF) e da soma térmica acumulada (STa) para o clone A no espaçamento de 15 cm x 13 cm (A), 18 cm x 15 cm (B) e 20 cm x 18 cm (C) e para Albion (D) e Estiva (E) no espaçamento de 15 cm entre plantas x 13 cm entre fileiras na safra de 2021/2022 e de Albion (F), clone A (G) e Estiva (H) no espaçamento de 15 cm entre plantas x 13 cm entre fileira na safra de 2022/2023. Santa Maria, RS, 2023.....32
- Figura 5.** Regressão da área foliar do trifólio (cm<sup>2</sup>) pelo produto do comprimento e da largura do folíolo central, função  $y = ax$ , valores de  $R^2$  e  $p$  para Albion (A), Estiva (B) e clone A (C) de morango. Santa Maria, RS, 2023.....33
- Figura 6.** Índice de área foliar (IAF) (A), produção semanal e acumulada do número de estolões por planta matriz (B, C) e massa seca de folhas por data de avaliação e acumulado (D, E) em três densidades de plantio durante o período de produção de estolões do clone A na safra 2021/2022. Santa Maria, RS, 2023.....35
- Figura 7.** Índice de área foliar (IAF) (A), produção semanal e acumulada do número de estolões por planta matriz (B, C) e massa seca de folhas por data de avaliação e acumulado (D, E) de três clones de morango durante o período de produção de estolões na safra 2021/2022. Santa Maria, RS, 2023.....39
- Figura 8.** Índice de área foliar (IAF) (A), produção semanal e acumulada do número de estolões por planta matriz (B, C) e massa seca de folhas por data de avaliação e acumulado (D, E) de três clones de morango durante o período de produção de estolões na safra 2022/2023. Santa Maria, RS, 2023.....41

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1.** Descrição dos estágios de desenvolvimento das plantas de morango na escala de códigos unificada dos principais estágios fenológicos BBCH.....20

**Tabela 2.** Médias do filocrono durante o período de avaliação das plantas dos clone A, Albion e Estiva de morango nas safras de 2021/2022 e 2022/2023 em Santa Maria, RS.....30

## SUMARIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
1.1 OBJETIVOS.....	15
1.1.1 Objetivo geral.....	15
1.1.2 Objetivos específicos.....	16
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>16</b>
2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	16
2.2 BOTÂNICA E FISIOLOGIA DO MORANGUEIRO.....	18
2.3 CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DAS PLANTAS.....	19
2.4 PRODUÇÃO E DISPONIBILIDADE DE MUDAS DE MORANGO NO BRASIL.....	22
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>23</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>29</b>
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>42</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>42</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O morangueiro pertence à família Rosaceae, gênero *Fragaria* e a classificação botânica atualmente aceita para as cultivares comerciais é *Fragaria x ananassa* Duchesne (HANCOCK, 2020). A cultura do morango tem os primeiros fatos históricos datados do século XIV, onde algumas espécies selvagens de *Fragaria* foram cultivadas em jardins europeus como planta medicinal e ornamental (MALAGODI-BRAGA, 2002). Já no século XVIII, nos jardins do Palácio de Versailles, foi quando ocorreu o cruzamento natural entre *Fragaria virginiana*, nativo dos Estados Unidos, e *Fragaria chiloensis*, nativo do Chile, originando a planta híbrida que hoje cultivamos e de grande expressão econômica entre as pequenas frutas (RIGON et al., 2005), considerado por muitos como a rainha das frutas vermelhas, devido suas características nutricionais e seu sabor, aroma e cor que aguçam o paladar.

As cultivares de morango podem ser divididas em dois grupos, sazonais, também conhecidas como de dias curtos, e sempre produtivas, denominadas de dias longos e dias neutros. Essas categorias são estabelecidas com base na resposta da planta à duração do fotoperíodo durante a floração em condições de campo. As cultivares sazonais iniciam a floração em fotoperíodos inferiores a 12 horas e produzem estolões em fotoperíodos mais longos. Por outro lado, nas cultivares sempre produtivas, o início da floração é menos influenciado pela duração do fotoperíodo (CASTRO et al., 2015), podendo ser suprimido por temperaturas mais elevadas (HEIDE et al., 2013). No entanto, ainda há lacunas no entendimento completo do impacto dos fatores ambientais na floração e produção de estolão em cultivares de morango de dias neutro. As cultivares neutras são especialmente desenvolvidas para ampliar a janela de produção de morangos, trazendo diversos benefícios a cadeia produtiva (XIAONAN SHI, 2021).

O conhecimento das condições ambientais que afetam o crescimento e desenvolvimento das plantas é fundamental para maximizar a produção, realizar o zoneamento de espécies, obter produtos de melhor qualidade e maior retorno econômico, além de reduzir os riscos na atividade agrícola (TAZZO et al., 2015). Segundo Bradford et al., (2010), o crescimento e desenvolvimento de folhas, inflorescências e estolões no morangueiro são influenciados por interações complexas entre fatores ambientais, principalmente temperatura, fotoperíodo e variação térmica diária.

O estudo do filocrono, que é o tempo entre o surgimento de duas folhas consecutivas na haste principal, é comumente utilizado para calcular a necessidade de calor em modelos matemáticos (WILHELM; MCMASTER, 1995; STRECK et al., 2005b). A unidade de tempo mais empregada para o filocrono é a soma térmica, a qual tem uma relevância biológica maior em plantas do que os dias do calendário comum (por exemplo, dia do ano, dias após a semeadura

ou emergência), pois considera o efeito da temperatura no desenvolvimento das plantas (MCMMASTER; SMIKA, 1988). Assim, o filocrono é expresso em graus Celsius por dia por folha.

O conhecimento do filocrono das cultivares de morango é importante para avaliar a precocidade dessas cultivares com diferentes respostas fotoperiódicas em regiões subtropicais do Brasil, onde as condições climáticas diferem do local de origem das plantas (CHIOMENTO, 2020). Assim possibilita disponibilizar aos produtores um conjunto de cultivares que poderão ser utilizadas para estabelecer cultivos comerciais de morango, permitindo a programação escalonada de plantio, a ampliação da janela de colheita e maior uniformidade na produção. A utilização de cultivares de dias neutro possibilita uma maior janela de oferta de mudas e/ou frutas, podendo conduzir a planta para uma determinada finalidade através do manejo.

Diversos fatores podem levar à redução da quantidade de luz disponível para as plantas, o que pode afetar processos vitais, como a fotossíntese, a taxa de evapotranspiração e a regulação hídrica (JUNG SU JO, 2022). Essas funções são influenciadas pelo índice de área foliar das plantas, conforme relatado por estudos anteriores (SYVERTSEN et al., 2003; BLANCO e FOLEGATTI, 2005). Vários pesquisadores destacaram a importância do índice de área foliar para estimar o crescimento das culturas, a taxa de desenvolvimento, o potencial de colheita, a eficiência no uso da luz, bem como a absorção de água e nutrientes (WILLIAMS, 1987; OLIVERA; SANTOS, 1995; BHATT; CHANDA, 2003; KERAMATLOU et al., 2015). Portanto, a medição precisa da área foliar é fundamental para avaliar o crescimento das plantas de diferentes cultivares e épocas do ano.

A medição da área foliar é comumente realizada usando diferentes abordagens, como fotografia, análise de imagem e uso de medidores eletrônicos de área foliar. No entanto, esses métodos tradicionais são destrutivos, pois exigem a remoção das folhas, além de serem caros e demorados (JUNG SU JO, 2022). Já foram desenvolvidos dispositivos não destrutivos, como scanners manuais, que permitem a medição precisa da área foliar sem prejudicar a integridade da planta (YUN et al., 2016). Essas tecnologias estão proporcionando alternativas eficientes e menos invasivas para obter informações sobre a área foliar, o que é essencial para avaliar o crescimento e desenvolvimento das plantas (NE SMITH, 1991).

No entanto, o uso de métodos não destrutivos de medição da área foliar pode ser caro e apresentar desafios na aplicação em certos tipos de culturas (YUN et al., 2016). Uma vantagem significativa da medição não destrutiva da área foliar é a capacidade de realizar medições contínuas e repetidas na mesma planta, o que reduz a variabilidade e evita danos causados pela remoção das folhas (NE SMITH, 1991). Portanto, é crucial desenvolver um método simples, rápido, confiável, econômico e não destrutivo para medir a área foliar (JUNG SU JO, 2022),

principalmente quando tratamos de plantas matrizes.

Estudos anteriores demonstraram que é possível prever a área foliar de plantas hortícolas de forma não destrutiva por meio de equações, sem a necessidade de equipamentos caros de medição da área foliar (SALERNO et al., 2005; OLFATI et al., 2010). A precisão e a exatidão de métodos não destrutivos baseados em medições lineares foram comprovadas em várias culturas (ASTEGLIANO et al., 2001; GUO e SUN, 2001; SALERNO et al., 2005; TSIALTAS e MASLARIS, 2005; SILVA et al., 2015). No entanto, poucos estudos exploraram o uso de equações para estimar a área foliar, e pesquisas específicas para estimar a área foliar das plantas de morango são escassas (DEMIRSOY et al., 2005). Além disso, há uma falta de pesquisas atualizadas sobre a estimativa da área foliar em cultivares de morango de dia neutro e, principalmente, quando se trata de sistema de produção de mudas em cultivo sem solo (JUNG SU JO, 2022).

O sistema fechado de cultivo sem solo utilizado no Núcleo de Melhoramento e Propagação Vegetativa de Plantas (MPVP) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) maximiza o aproveitamento da solução nutritiva e utiliza areia grossa e brita, que são estéreis, como substrato para a fixação das plantas em um ambiente que possibilita a produção de mudas de alta qualidade sanitária. Além disso, os sistemas de propagação em casa de vegetação oferecem maior proteção contra pragas e patógenos. Por exemplo, a antracnose foi identificada como uma típica doença transmitida que permanece assintomática durante a propagação, no entanto, sintomas aparecem no final da estação de produção de frutas, devastando as plantações. Estudos têm demonstrado o potencial desses sistemas na propagação de diversas culturas, incluindo snapdragon (*Antirrhinum*), petúnia (*Petunia x hybrida*), impatiens (*Impatiens walleriana*), sálvia (*Salvia officinalis*), tomate (*Solanum lycopersicum*), repolho (*Brassica oleracea* var. capitata), uva (*Vitis vinífera*), pepino (*Cucumis sativus*) e estévia (*Stevia rebaudiana*), entre outras (XIANGNAN XU, 2020).

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho foi estudar o filocrono de plantas matrizes e a produção de pontas de estolão de morango em sistema fechado de cultivo sem solo.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- i. Determinar o filocrono das cultivares Albion e Estiva e do clone A de morango em sistema fechado de cultivo sem solo.
- ii. Definir o coeficiente de forma para estimar a área foliar da planta matriz.
- iii. Quantificar a massa seca de folhas retiradas das plantas matrizes com a poda verde.
- iv. Estudar a produção de pontas de estolão das cultivares Albion e Estiva e do clone A de morango em sistema fechado de cultivo sem solo.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O morango, dentre as pequenas frutas, é a que tem maior importância e expressão econômica no Brasil (EMBRAPA, 2012), sendo cultivada em uma ampla área de distribuição geográfica, devido à sua capacidade de adaptação a diferentes condições edafoclimáticas (MORALES et al., 2012). Em 2021 os países que mais se destacaram no cultivo do morango foram a China, os Estados Unidos e o México (FAO, 2021).

A produção mundial de morango foi de aproximadamente 9.2 milhões de toneladas, em 395.844 hectares cultivados, sendo a China responsável pela maior produção, e o Brasil ocupa a décima sétima posição. A produção brasileira foi de 197.000 toneladas em 5.084 hectares cultivados (FAO, 2021). Os estados que lideram a produção são Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Paraná. No Brasil, a cultura do morango está difundida em regiões de clima temperado, subtropical e tropical de altitude (acima de 500 m) e é produzido para consumo “*in natura*” ou industrializado (RADMANN et al., 2006).

Para produção de frutas, a recomendação é que a cultura seja renovada anualmente, devido ao acúmulo de doenças de um ciclo para o outro, que podem levar a redução da produtividade (GIMÉNEZ et al., 2008). Isso promove um aumento constante na demanda por mudas de qualidade para estabelecer novos plantios. As plantas de morango apresentam duas fases de desenvolvimento, a vegetativa e a reprodutiva, com respostas diferentes. Na fase vegetativa ocorre a emissão de estolões, folhas e coroas secundárias (afilhos), enquanto na fase reprodutiva ocorre a indução floral, iniciação e surgimento das flores, assim como a formação, o crescimento



e a maturação das frutas (DARROW, 1966). Assim ficam evidentes dois possíveis e especializados mercados, o da produção de mudas e de frutas de morango.

O cultivo de morango em sistemas sem solo é mais promissor, aumentando a qualidade e a produtividade, com a eliminação do uso de produtos destinados à desinfestação do solo, maior aproveitamento de insumos e ergonomia da atividade (FERNANDES JÚNIOR et al., 2002). Os sistemas de cultivo sem solo na produção de mudas de morango com torrão são também recomendados e amplamente utilizados na Europa e Estados Unidos (BISH et al., 2001; DURNER et al., 2002; ARMEFLHOR, 2006). Mais recentemente, o sistema fechado de cultivo sem solo foi utilizado para o desenvolvimento de uma nova tecnologia adaptada para as condições do Brasil, que foi patenteada pela UFSM (BISOGNIN et al., 2019) e licenciada para a produção de mudas com torrão, tornando essa inovação acessível aos produtores de frutas de morango.

Na região Sul do Brasil, a produção de mudas de morango é alternativa à importação de mudas de raiz nua, principalmente do Chile, Argentina, Itália e Espanha. As mudas importadas apresentam custo elevado e, pelos danos no transporte, comprometem a qualidade fisiológica e sanitária. Além disso, ocorrem atrasos frequentes na entrega aos produtores, reduzindo sua competitividade no mercado, principalmente em períodos de menor oferta de frutas, quando são praticados os valores mais elevados de venda (JANISCH et al., 2012).

A produção de mudas com torrão em sistema de cultivo sem solo possibilita manter a alta qualidade física, fisiológica e fitossanitária das plantas e disponibilizar as mudas para o plantio na época mais adequada, o que proporciona aumento na produção de frutas na entressafra (GIMÉNEZ et al., 2008; JANISCH et al., 2012), resultando em maior lucro para os produtores. Para mitigar estes problemas, o Núcleo de Melhoramento e Propagação Vegetativa de Plantas (MPVP) da UFSM desenvolveu a tecnologia de produção de mudas de morango com torrão, a qual foi concedido o privilégio de patente de invenção (PI 1105802-1) em abril de 2019. Esta tecnologia da UFSM proporciona precocidade de produção e reduz a mortalidade das plantas durante o ciclo (BISOGNIN et al., 2019), representando uma grande contribuição para a melhoria na eficiência econômica, social e ambiental da cadeia produtiva do morango no Brasil. As principais contribuições são o aumento da produtividade e qualidade das frutas, gerando renda e promovendo a sustentabilidade e a sucessão familiar nas propriedades que cultivam o morango (COSTA et al., 2021).

A disponibilidade de mudas produzidas pelos viveiristas para as condições ambientais e os sistemas de cultivo adotados pelos produtores é a única possibilidade de reduzir a dependência por mudas e cultivares de outros países (CHIOMENTO et al., 2020). Aliado a isso, está a necessidade de adequação da PI 1105802-1 as cultivares aceitas pelos produtores, o que

possibilitará a produção de mudas com torrão com alta qualidade e com maior taxa de sobrevivência comparada com as mudas importadas de raiz nua. Para isso, é necessário compreender o crescimento e desenvolvimento das plantas matrizes para assim adequar o processo de produção para cada cultivar disponível e também de clones em desenvolvimento nos programas de melhoramento, visando maximizar a utilização do espaço e dos insumos utilizados de maneira sustentável.

## 2.2 BOTÂNICA E FISIOLOGIA DO MORANGUEIRO

O morango é uma planta herbácea, rasteira e perene. O morango pode se reproduzir de forma assexuada, através dos estolões que formam novas plantas, ou sexuada, através de sementes contidas nos aquênios, técnica usada somente para fins de melhoramento genético (HANCOCK et al., 1990; STRAND, 1994). Com a fecundação dos ovários (ou óvulos), o receptáculo floral se desenvolve em um pseudofruto, botanicamente chamado de fruto agregado. Os frutos verdadeiros são os caroços pretos que ficam ao redor da polpa, botanicamente chamados de aquênios. A parte carnosa e comestível do morango é o receptáculo dos frutos verdadeiros, os aquênios, e comercialmente referidos como fruta (ANTUNES, 2005).

Os órgãos femininos ou pistilos, que se encontram dispostos em espiral e em número variado no extremo do receptáculo, cada um formado por ovário, estilete e estigma, o qual quando tem seu óvulo fecundado dá origem a um aquênio (ANTUNES, 2005). Segundo Nitsch (1950), são os aquênios quem controlam o crescimento do receptáculo, por serem fonte de auxina. A partir de sua polinização quando a concentração ainda é pequena, porém aumenta rapidamente até os 12 dias, quando então decresce para um nível constante. Flores completamente fertilizadas geram frutas bem formadas, com forma, tamanho e maturação característicos da cultivar. A viabilidade do pólen é de 48 horas após sua dispersão, sua maior eficiência de fertilização ocorre com umidade e temperatura do ar de 80% e 15°C, respectivamente (ANTUNES, 2005).

Flores com origem do eixo central da inflorescência desabrocham primeiro dando origem aos maiores frutos, enquanto aquelas inseridas nos demais eixos e com menor quantidade de pistilos, abrem posteriormente e geram frutos menores (ANTUNES, 2005). A fecundação inicialmente ocorre por meio da autopolinização espontânea, quando por gravidade o pólen ainda pegajoso se deposita nas anteras receptivas. Após secar o vento auxilia no processo de dispersão (MALAGODI-BRAGA, 2002). E os insetos, que além de movimentar as flores para autopolinização, são importantes agentes que transportam o pólen entre as flores promovendo a

polinização cruzada (ZEBROWSKA, 2006).

A coroa da planta do morango é um caule cilíndrico, de entrenós curtos e com gemas laterais que se desenvolvem em forma de tufos de folhas ou rosetas (GIMÉNEZ et al., 2008). As folhas são compostas (com três folíolos ou trifoliadas), cada um com seu pecíolo próprio, unindo-se a um pecíolo principal e aparecem em espiral da coroa. Nas axilas das folhas se formam as gemas, a transformação de uma gema na planta do morango depende do estado em que o meristema se encontra, podendo estar na fase vegetativa e produzir, folhas, coroas, ou estolões ou reprodutiva onde a gema evolui em inflorescências, ou em fase de dormência, onde a gema se encontra dormente (INIAP, 2005). Essas diferentes respostas (vegetativa ou reprodutiva) seguem a variação do fotoperíodo e da temperatura, sendo que as cultivares de dias neutro são menos sensíveis as alterações destes fatores ambientais (CASTRO, 2015; XIAONAN SHI, 2021). As plantas de morango também se caracterizam por apresentar um sistema radicular fasciculado e superficial (RONQUE, 1998).

### 2.3 CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DAS PLANTAS

O crescimento e desenvolvimento das plantas de morango são processos distintos, mas relacionados. Crescimento é o aumento permanente do volume, que é o produto de três dimensões lineares, ou simplesmente como o aumento irreversível de dimensões físicas de um indivíduo ou órgão com o tempo, tal como o aumento da lâmina foliar, fator importante quando o principal objetivo é converter a energia solar em matéria seca (WILHELM e MCMASTER, 1995). O desenvolvimento corresponde aos processos de iniciação de um órgão, identificáveis durante ciclos de vida. O crescimento e o desenvolvimento podem ocorrer simultaneamente ou não (SALISBURY; ROSS, 1969). Na tabela 1 é apresentada uma descrição dos estágios de desenvolvimento das plantas de morango, segundo Meier et al. (1994).

Quando se trata de crescimento e desenvolvimento, é imprescindível que se discuta tempo, e não se referindo a tempo em horas do relógio, pois não se limita a uma definição em um conceito temporal de dias, horas, minutos ou segundos. De uma forma mais ampla, o intervalo entre estes eventos pode ser medido também por unidades de calor, ou unidades fototérmicas, refletindo significativamente na resposta das plantas quando a passagem destes intervalos (WILHELM; MCMASTER, 1995). O ciclo das culturas é geralmente expresso em termos de tempo, mas também pode ser contabilizado em unidades de calor que favoreçam o seu desenvolvimento (OMETTO, 1981).

**Tabela 1.** Descrição dos estágios de desenvolvimento das plantas de morango na escala de códigos unificada dos principais estágios fenológicos BBCH.

Estágios	Denominação	Código	Descrição
0	Brotação	00	Dormência: folhas prostradas e parcialmente mortas
1	Desenvolvimento foliar	03	Crescimento da coroa principal
		10	Emergência da primeira folha
		11	Primeira folha expandida
		12	Segunda folha expandida
		13	Terceira folha expandida
		1-19	Etapas contínuas até... Nove ou mais folhas separadas
4	Desenvolvimento de estolões e plantas novas	41	Início da formação de estolões: estolões visíveis (cerca de 20 mm 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 o plantio)
		49	Várias plantas novas prontas para o plantio (enraizamento, maduro para transplante); formação de estolão continuamente
5	Surgimento das inflorescências	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
		59	Maior parte das flores fechadas e com pétalas visíveis
6	Floração	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 soma térmica, medida em graus-dia, representa a acumulação da temperatura média diária, considerando-se uma temperatura-base abaixo da qual a planta não consegue realizar suas funções fisiológicas (CARVALHO et al., 2005). Para cálculos de soma térmica acumulada para a emissão de folhas da cultura do morango, a temperatura base inferior é de 0°C (WALTER et al., 2009; ROSA et al., 2010). As respostas da temperatura são frequentemente modificadas pela duração do dia e a influência do fotoperíodo sobre o desenvolvimento, pode ser levada em consideração usando o tempo fototérmico (LABADIE; DENOYES; GUÉDON, 2019).

O morango é uma espécie com metabolismo C3, a sua taxa de fotossíntese líquida estabiliza e tende a decrescer em temperaturas acima de 20°C (MAJEROWICZ, 2004), porém a respiração continua a aumentar (MOLINARI; VINANTE, 2001). Ainda, segundo os autores, em temperaturas acima de 30°C a planta do morango reduz drasticamente a atividade fotossintética e aumenta a respiração. Portanto, a temperatura exerce uma influência significativa nos processos de crescimento e desenvolvimento das plantas e a soma térmica é uma medida mais precisa do tempo biológico do que os dias do calendário convencional (MCMASTER; SMIKA, 1988). Nesse contexto, a soma térmica pode ser uma ferramenta útil para estimar as possibilidades de desenvolvimento das plantas de morango e, conseqüentemente, estudar a produtividade e a qualidade.

O desenvolvimento vegetativo é caracterizado pelo surgimento de novas folhas, sendo que o seu crescimento tem relação direta com o incremento na área foliar, que é determinante do índice de área foliar (IAF). O incremento da área foliar é um dos indicadores fisiológicos mais utilizados para analisar o crescimento das plantas, que é um estudo inédito para o cultivo de plantas matrizes de morango em sistema fechado de cultivo sem solo. A área foliar influencia diretamente a interceptação de radiação solar e a fotossíntese pelo dossel e indiretamente na produtividade da cultura (STRECK et al., 2003b; XUE et al., 2004; STRECK et al., 2005a,b). Além disso, a área foliar tem relação direta com o consumo de água pela planta e, por isso, o conhecimento de sua variação pode ter aplicações em modelos de evapotranspiração, fotossíntese e em simulações do crescimento vegetativo (WEIR et al., 1984; STRECK et al., 2003a).

O número de folhas acumuladas no caule principal está diretamente relacionado ao crescimento da área foliar da planta, que desempenha um papel crucial na captura de luz solar pelo dossel vegetal e na realização da fotossíntese (XUE et al., 2004). O número de folhas, quando considerado ao longo do tempo, fornece informações sobre a taxa de emissão de folhas, o que é uma medida importante do desenvolvimento das plantas (STRECK, 2002; STRECK et al., 2003a). Diversas pesquisas têm sido conduzidas utilizando o conceito de filocrono em diferentes culturas agrícolas, como cevada (*Hordeum vulgare*) e trigo (*Triticum* spp.) (XUE et al., 2004),

cártamo (*Carthamus tinctorius*) (STRECK et al., 2005c), alface (*Lactuca sativa*) (HERMES et al., 2001), eucalipto (*Eucalyptus* spp.) (MARTINS et al., 2007) e tomate (PIVETTA et al., 2007).

Estudos sobre a soma térmica e o filocrono de cultivares de morango em ambiente protegido (ROSA et al., 2010; MENDONÇA et al., 2012 a, b, c) revelaram grande variação na taxa de surgimento de folhas e no filocrono entre as cultivares. Por isso, a avaliação do crescimento, do desenvolvimento e da produtividade de frutas e de pontas de estolão necessita ser realizada para cada cultivar e condição de ambiente. As informações de crescimento e desenvolvimento das plantas de uma cultivar em uma determinada condição de cultivo fornece informações primordiais para a definição das práticas culturais mais adequadas, escolha da melhor época de plantio e eleição da melhor cultivar a ser utilizada, visando aumentar a produtividade e a qualidade da produção que ultimamente definem a renda dos produtores.

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

Anualmente cerca de 200 milhões de mudas de morango são plantadas no Brasil, contudo a produção nacional não atinge a qualidade nem a quantidade necessária para atender a demanda (AGRO INSIGHT, 2020). Ainda, cerca de 90% das áreas de produção do RS são de mudas importadas dado que foi confirmado por produtores quando questionados, onde 96% destes afirmam que obtêm mudas importadas da região da Patagônia (Chile e Argentina). A dependência por mudas importadas atrasa o plantio, como consequência há atraso para o início da colheita e redução do potencial de produção (DAL PICIO et al., 2013; ZEIST, 2019). Muda de qualidade é um dos insumos mais importantes para a cadeia produtiva do morango, além de ser a melhor maneira de difundir uma nova tecnologia na agricultura, pois tem influência direta sobre o potencial de produtividade e a qualidade de frutas, além da sazonalidade e precocidade da produção (ENCISO-GARAY, 2020). Visto desta maneira, a importância do vigor e sanidades das mudas no processo de produção de frutas (OLIVEIRA; SCIVITTARO, 2009).

O morango, embora, seja uma planta de ciclo perene, para produção é cultivado por um ou dois anos, devido as condições fitossanitárias que resultam na redução de produtividade (ZANATTA, 2015). O desenvolvimento das plantas de morango é afetado pelas diferenças de temperatura e comprimento do dia ao longo do ano (BORTOLOZZO et al., 2007). A formação de estolões e o desenvolvimento de folhas são favorecidos nas condições de dias longos e temperatura elevada (VIGNOLO et al., 2016). Enquanto a indução floral ocorre com temperatura baixa e dias curtos, e ainda a frutificação dá-se em dias longos e temperaturas amenas

(BORTOLOZZO et al., 2007, XIAONAN SHI, 2021).

A produção de mudas é realizada por meio de estolões de maneira vegetativa, estes que são caules verdadeiros, modificados, com tecidos especializados em conduzir água e nutrientes. A formação da muda por meio de estolões, naturalmente se dá no encontro de um nó fértil com o solo úmido, o que possibilita a emissão de raízes adventícias na base das gemas e das folhas formando uma nova planta (SILVA; DIAS; MARO, 2007; HEIDE et al., 2013; ENCISO-GARAY, 2020).

O desenvolvimento das pontas de estolão resulta em mudas, que podem ser comercializados como raiz nua ou com torrão. Mudanças com torrão maximizam o índice de pegamento pós-transplante, além da possibilidade de operacionalizar a atividade com as mudas prontas para o plantio, associado a uniformidade do estande de plantas. As mudas com torrão necessitam apresentar um equilíbrio no crescimento da parte aérea e do sistema radicular para um melhor desempenho após o plantio em local definitivo. Para cada espécie é necessário definir parâmetros de qualidade que maximizam este desempenho pós plantio, o que ainda não é conhecido em mudas de morango produzidas utilizando a tecnologia desenvolvida na UFSM (PI 1105802-1).

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação do Núcleo de Melhoramento e Propagação Vegetativa de Plantas (MPVP), do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil (latitude: 29°43'24"S, longitude 53°43'11"O, a 99 m de altitude), durante os anos de 2021, 2022 e 2023. O clima predominante no município é o subtropical úmido com verões quentes (Cfa), conforme a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013). As temperaturas mínimas e máximas diárias do ar durante o período experimental foram medidas em uma estação meteorológica convencional pertencente ao 8° Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia (DISME/INMET), localizada no Departamento de Fitotecnia da UFSM. O fotoperíodo foi calculado considerando o comprimento do dia com os crepúsculos (KEISLING, 1982).

A instalação do sistema de produção de pontas de estolão (Figura 1), realizada anteriormente ao plantio, em uma estufa de dimensões de 8 m x 20 m coberta por placas de policarbonato de 10 mm de espessura e fechada nas laterais com tela antiafídeo de 50 Mesh. O sistema fechado de cultivo sem solo empregado para a produção das mudas foi adaptado de Bisognin et al. (2015) e tinha as dimensões de 7,0 m x 1,0 m. O sistema foi instalado sobre telhas

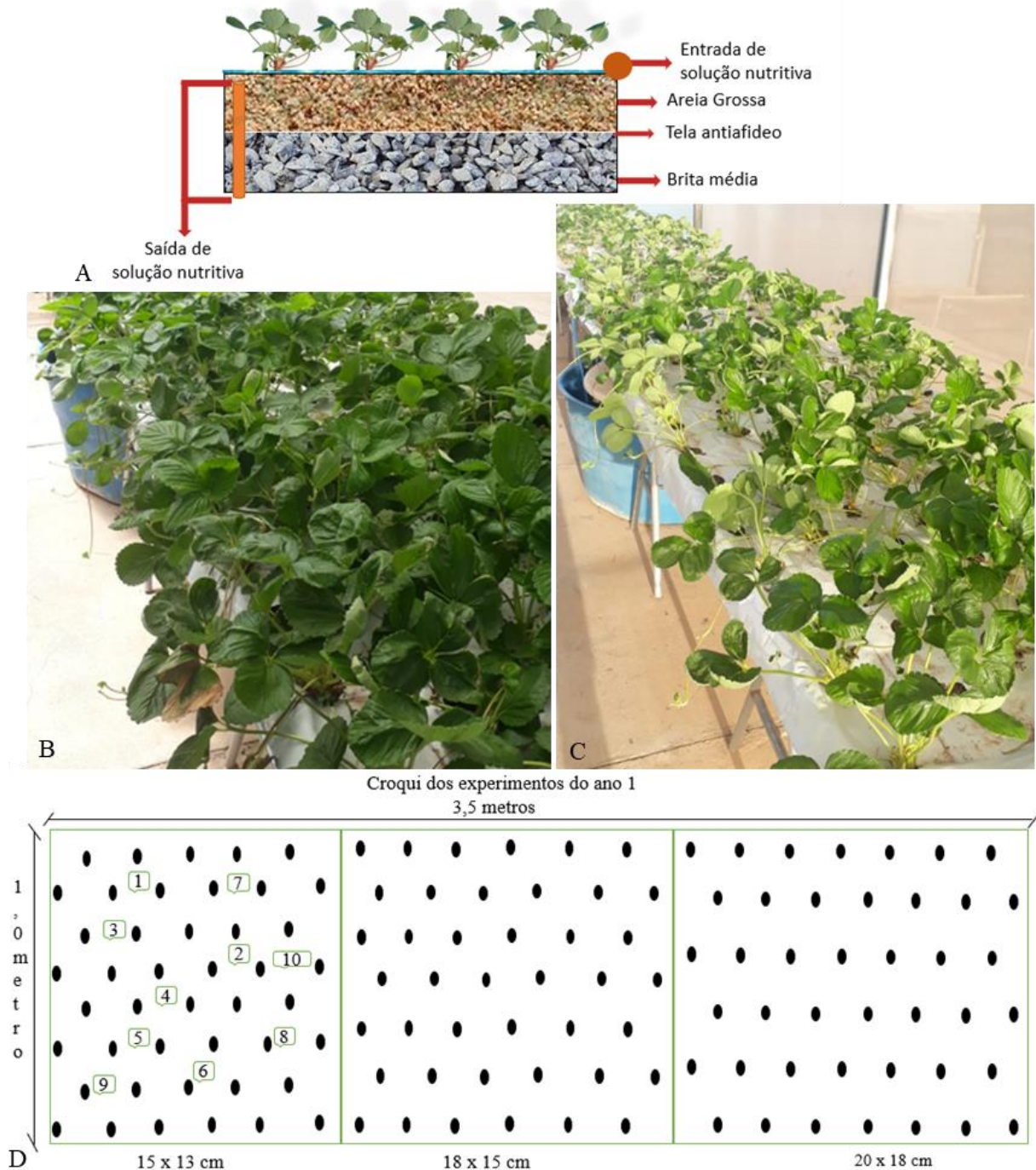
de fibrocimento de 3,44 m x 1,0 m, posicionadas sobre cavaletes metálicos a uma altura de 1,2 m da superfície do solo. As laterais foram delimitadas por bordas em madeira, com aproximadamente 8 cm de altura. A superfície interna foi revestida por um filme plástico transparente de 150 micras, preso nas laterais. Sobre o plástico foi adicionada uma camada de brita basáltica média, até preencher as canaletas da telha, para facilitar a drenagem da solução nutritiva. Sobre a brita foi colocada uma tela fina de polietileno para separar do substrato composto por uma camada de aproximadamente 5 cm de areia grossa (partículas entre 1,0 e 3,0 mm de diâmetro). Em cada bancada de cultivo foram plantadas matrizes de um único clone. Para o experimento de densidade de plantio (safra 2021/2022) a bancada foi subdividida para alocar o espaçamento definido para cada tratamento, em um arranjo de plantas no sistema quincôncio (Figura 1D).

Foram avaliadas as cultivares Albion e Estiva e o clone avançado (clone A), todos de dias neutro. A cultivar Albion foi lançada comercialmente em 2004 pela Universidade da Califórnia. A produção apresenta poucos picos e as frutas apresentam sabor muito apreciado pelos consumidores. Podem ser destinadas ao mercado “*in natura*” e também processados, classificados quanto à forma e tamanho, de coloração vermelho escuro e polpa firme (SANTOS, 2013). A cultivar PRA Estiva ou Estiva foi desenvolvida no Brasil, sendo bem adaptada ao cultivo, incluindo em dias longos e quentes de verão. O clone A está sendo avaliado na UFSM e tem se destacado pela alta produtividade de frutas e estolões e as frutas são muito apreciadas pela doçura e aroma típicos. Para simplificar, tanto as cultivares quanto o clone avançado serão referidos como clones.

O manejo da irrigação era realizado com o auxílio de um temporizador analógico e uma bomba de baixa vazão para permitir a total inundação do substrato. A solução nutritiva excedente retornava ao reservatório, através de um dreno com uma saída na base e outra próxima à borda superior do leito de cultivo, evitando o transbordamento, e posicionado na parte central da bancada.

As plantas matrizes de morango foram produzidas conforme protocolo utilizado no MPVP, cuja metodologia foi descrita por Bisognin (2007), em processo que envolve várias etapas, desde a multiplicação de mudas básicas até a obtenção das matrizes, mantendo suas características genéticas. As plantas matrizes de cada clone foram dispostas em uma bancada, conforme os espaçamentos pré-definidos (Figura 1).





**Figura 1.** Desenho esquemático do sistema fechado de cultivo sem solo com areia grossa como substrato (A), plantas matrizes antes (B) e após (C) a poda verde das folhas, croqui da bancada de cultivo nas diferentes densidades de plantio (D) na safra de 2021/2022 e na safra de 2022/2023 somente no espaçamento de 15 cm x 13 cm. Santa Maria, RS, 2023.

A solução nutritiva utilizada foi uma formulação previamente estudada e utilizada para a produção de pontas de estolões de morango, conforme protocolo do MPVP. O pH da solução nutritiva foi mantido entre 5,5 a 6,0 e a condutividade elétrica entre 1,3 a 1,6 dS m<sup>-1</sup> corrigidos

semanalmente, conforme protocolo do MPVP. Tanto o pH quanto a condutividade variam de acordo com a demanda hídrica, principalmente pela temperatura e umidade do ar, que tem influência direta na evapotranspiração da cultura. Para o manejo preventivo do ácaro rajado (*Tetranychus urticae*), umas das principais pragas da cultura do morango, foi realizada a aplicação de ácaros predadores. No final do ciclo do segundo ano de cultivo foi observada a ocorrência de pulgão (*Aphididae*) e de cochonilha (*Dactylopius coccus*), sendo realizada a aplicação de inseticida, seguindo as recomendações para a cultura do morango. Todas as demais práticas de manejo das plantas matrizes seguiram o protocolo utilizado no MPVP.

Na primeira safra, o plantio foi realizado em 14 de outubro de 2021 e as avaliações finalizadas em 14 de abril de 2022. Albion e Estiva foram avaliados no espaçamento de 13 cm entre fileiras e 15 cm entre plantas na fileira. O clone A foi avaliado nos espaçamentos entre fileiras de 13 cm, 15 cm e 18 cm e de 15 cm, 18 cm e 20 cm entre plantas na fileira (Figura 1D). O experimento foi conduzido em um fatorial, no delineamento inteiramente casualizado.

Na segunda safra, o plantio foi realizado dia 29 de setembro de 2022 e as avaliações foram finalizadas em 27 de fevereiro de 2023. Os clones Albion, Estiva e A foram avaliados no espaçamento de 13 cm entre fileiras e 15 cm entre plantas na fileira. O experimento foi conduzido em um fatorial, no delineamento inteiramente casualizado.

Em todos os experimentos foram realizadas as mesmas avaliações. Foram marcadas aleatoriamente 20 plantas de cada tratamento para as avaliações semanais da produção de pontas de estolão e do número de folhas por planta matriz. Em intervalos de 30 dias foi realizada a poda verde destas 20 plantas e quantificada a massa seca retirada. A massa seca foi determinada em estufa de circulação forçada, até peso constante. Dentre as 20 plantas, em 10 plantas foram também realizadas avaliações semanais da área foliar por planta e estimado o índice de área foliar (IAF). O IAF, definido como a área foliar por unidade de área, pode ser usado como uma ligação entre os parâmetros biofísicos, bioquímicos e espectroscópicos da planta (ALI; ABOELGHAR, 2019). Todas as determinações foram realizadas na coroa principal de cada planta matriz marcada.

A soma térmica diária (ST, °C dia) foi calculada seguindo a recomendação de Gilmore; Rogers (1958) e Arnold (1960):

$$ST = (T_{med} - T_b) \cdot 1 \text{ dia} \quad \text{Eq. 1}$$

Em que,  $T_{med}$  é a temperatura média diária do ar, pela média aritmética das temperaturas mínimas e máximas do ar.  $T_b$  é a temperatura base para a emissão de folhas no morango, considerando-se  $T_b = 0^\circ\text{C}$  (WALTER et al., 2009; ROSA et al., 2010).

Se  $T_{média} < T_b$  então  $T_{média} = T_b$

A soma térmica acumulada ( $ST_a$ , °C dia) foi continuada pelo somatório da soma térmica

diária (Eq.2).

$$STa = \sum ST \quad \text{Eq. 2}$$

Foi realizada uma regressão linear entre o número de folhas acumuladas na coroa principal e STa. O filocrono foi estimado como sendo o inverso do coeficiente angular da regressão linear entre o número de folhas acumuladas e STa (KLEPPER et al., 1982), assim o filocrono estimado teve unidade °C dia folha<sup>-1</sup>.

$$\text{FILOCRONO} = 1 / a, \quad \text{Eq. 3}$$

Sendo “*a*”, o coeficiente angular da equação de regressão linear.

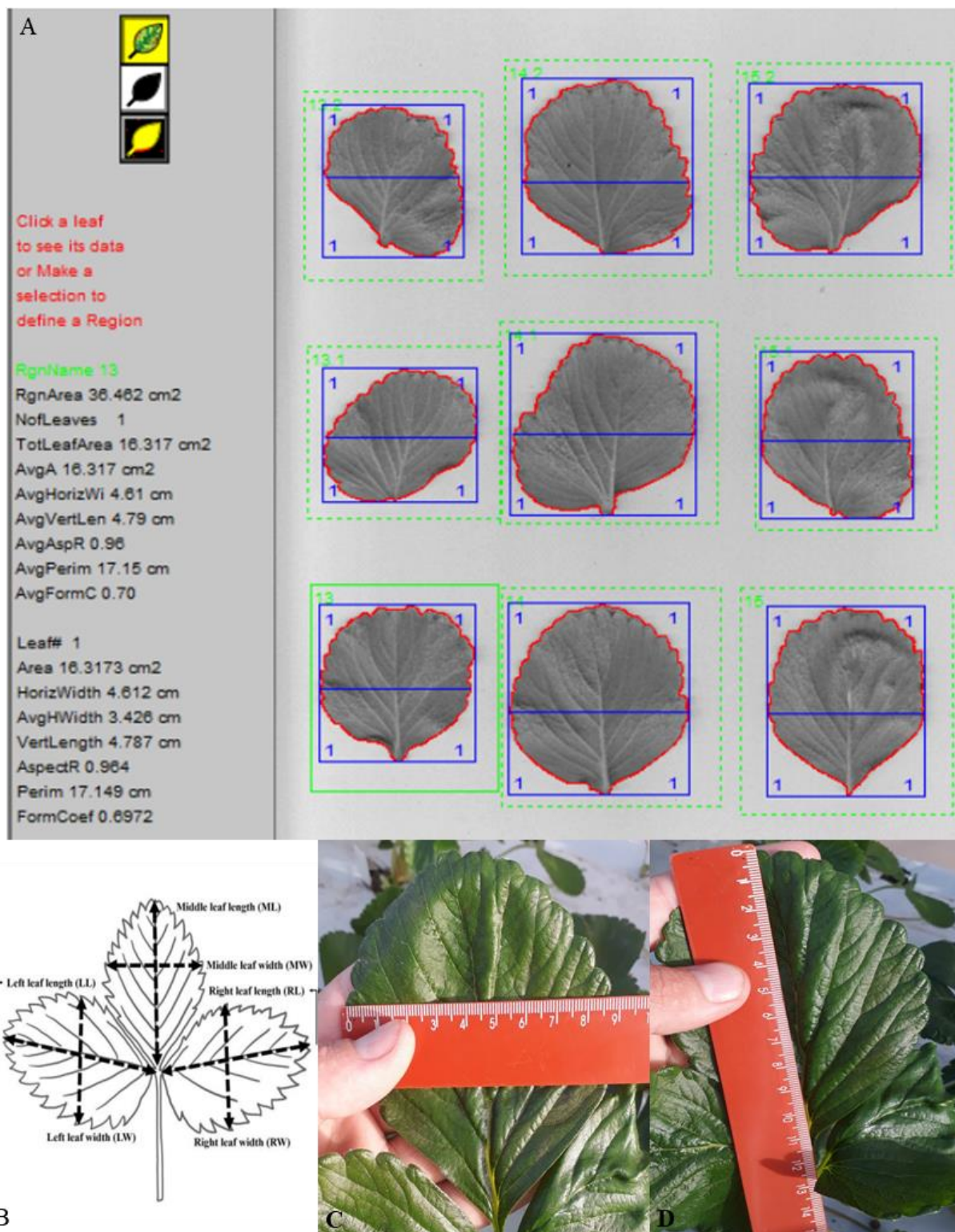
Determinou-se o coeficiente de forma da folha de cada clone que foi utilizado para o cálculo da área foliar (AF) conforme Rosa et al. (2013), considerando a relação entre a área (cm<sup>2</sup>) de trifólios de diferentes tamanhos de cada clone e o produto do comprimento pela largura do folíolo principal (Figura 2). Para isso, foi escaneada a área de 100 trifólios de tamanhos diferentes para determinar a área em escala métrica (cm<sup>2</sup>), com o auxílio do equipamento CanoScan LiDE 220<sup>®</sup> e o software WinFolia<sup>™</sup>. Desta maneira, foi possível determinar as equações de regressão linear simples entre AF do trifólio e o produto CxL do folíolo central para cada clone.

A área de folhas individuais das plantas marcadas no experimento de campo foi calculada, utilizando-se o comprimento e a largura do folíolo central medido a campo, multiplicado pelo coeficiente de forma de cada clone estudado. Foram medidos com uma régua graduada o comprimento (C) e a largura (L) do folíolo central de cada folha trifoliolada da planta, o comprimento corresponde à maior distância (cm) entre a base distal do pecíolo e a extremidade do folíolo central, e a largura à maior distância (cm) no sentido perpendicular ao comprimento do mesmo folíolo (ROSA et al., 2013; JUNG SU JO, 2022). A área de cada folíolo corresponde ao produto do comprimento e da largura do folíolo (AF = C x L) e a área foliar da planta é estimada pelo somatório de todos os folíolos.

$$AF = (C \times L)F_1 + (C \times L)F_2 + (C \times L)F_3 + \dots + (C \times L)F_n \quad \text{Eq. 4}$$

Onde “*n*” é o número de folhas na coroa principal de cada planta matriz na data da avaliação (ROSA et al., 2013). Determinou-se então o IAF, definido pela relação da AF por unidade de área do solo de cada tratamento.

A análise de variância (ANOVA) foi utilizada para testar os efeitos dos tratamentos. Os diferentes níveis de qualquer fator que apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) foram comparados pelo teste de Tukey, com uma probabilidade de erro tipo I de 5% ( $p < 0,05$ ).

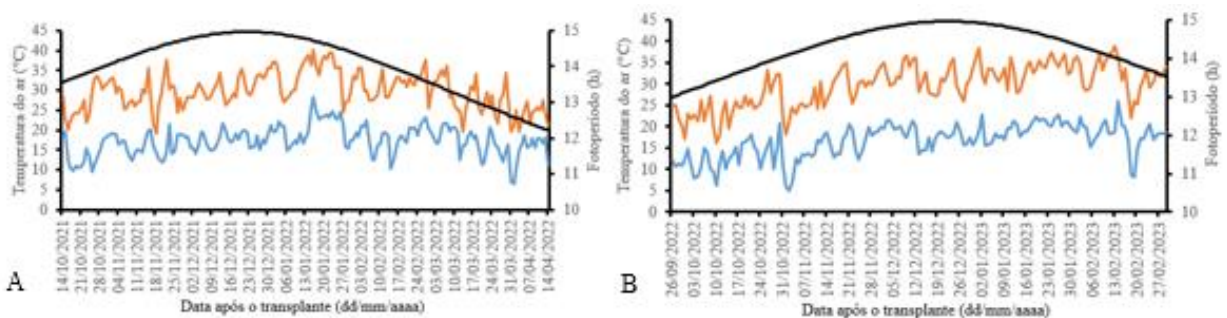


**Figura 2.** Layout do software WinFolia<sup>TM</sup> com dados de comprimento, largura e área dos três folíolos necessários para a determinação do coeficiente de forma (A), diagrama da folha trifoliada de morango mostrando as posições de medição do comprimento e da largura de cada folíolo usados para estimar a área da folha, conforme adaptações de Jung Su Jo (2022) (B), quantificação não destrutiva da largura (C) e do comprimento (D) do folíolo central. Santa Maria, RS, 2023.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período de condução dos experimentos na safra de 2021/2022, a temperatura mínima absoluta na estação meteorológica foi de 6,4°C em 01/04/2022. A temperatura máxima absoluta foi de 39,5°C em 22/01/2022 (Figura 3A). O experimento foi encerrado na segunda semana de abril, quando a temperatura do ar e o fotoperíodo já estavam em declínio, estimulando a diferenciação das gemas em reprodutivas e não mais vegetativas, consequentemente reduzindo a emissão de estolões (CASTRO et al., 2015). Foram realizadas 20, 19 e 14 semanas de avaliações, respectivamente para os clones A, Albion e Estiva.

Foram observadas algumas temperaturas acima da média histórica na segunda metade de janeiro de 2022, com dias seguidos de temperatura máxima próxima de 40°C (Figura 3). Também ocorreu uma sequência de dias com temperatura máxima próxima aos 35°C, na segunda quinzena de fevereiro e na primeira quinzena de março de 2022 (Figura 3A).



**Figura 3.** Temperaturas máximas e mínimas diárias do ar (°C) e fotoperíodo (h) durante o período de condução dos experimentos nas safras de 2021/2022 (A) e 2022/2023 (B), em Santa Maria, RS.

Na safra de 2022/2023, a temperatura mínima absoluta foi de 5,1°C em 02 de novembro de 2022 e a temperatura máxima foi de 39°C em 13 de fevereiro de 2023 (Figura 3B). As temperaturas mais elevadas nesta safra ocorreram no final de dezembro e na primeira metade de fevereiro, quando as temperaturas máximas foram próximas aos 35°C. Em ambos os períodos experimentais, as temperaturas mínimas ficaram acima da temperatura basal desta cultura que é de 0°C, conforme indicado por Walter et al. (2009) e Rosa (2010).

Os clones avaliados de morango também foram expostos a variações do fotoperíodo, com comprimento do dia mais os crepúsculos, indo de 14,97 horas no solstício de verão (21/12) a 12,23 horas em 14 de abril (Figura 3AB), submetendo as plantas a uma ampla variação de

fotoperíodo. Estas distintas condições meteorológicas são importantes em estudos para caracterização de parâmetros do crescimento e desenvolvimento das culturas (STRECK et al., 2003a).

Os valores do filocrono, obtidos a partir do inverso do coeficiente angular, durante o período de coleta de pontas de estolões de morango nas duas safras mostram que a temperatura do ar afetou a taxa emissão de folhas e estes efeitos variam entre os clones avaliados (Tabela 2). Uma maior amplitude na resposta da emissão de folhas (consideradas folhas totalmente expandidas quando os bordos dos folíolos não se tocam mais), foi observada em Estiva e com diferenças significativas entre safras. Na primeira safra ocorreram temperaturas mais elevadas comparadas com a segunda safra, caracterizada por temperaturas mais amenas (Figura 3). Estas diferenças podem ser explicadas pelo fato de que Estiva foi desenvolvida em Minas Gerais, uma região mais quente comparada a região de estudo, sendo mais bem adaptada a este tipo de ambiente. Isso pode ter favorecido a maior taxa de emissão das folhas na primeira comparada com a segunda safra. O clone A também apresentou uma maior taxa de emissão de folhas na primeira safra, com diferença significativa para Albion, porém não diferiu em relação a segunda safra. Não houve diferença significativa para o filocrono entre os clones avaliados na segunda safra e nem entre os diferentes espaçamentos avaliados para o clone A.

**Tabela 2.** Médias do filocrono durante o período de avaliação das plantas dos clone A, Albion e Estiva de morango nas safras de 2021/2022 e 2022/2023 em Santa Maria, RS.

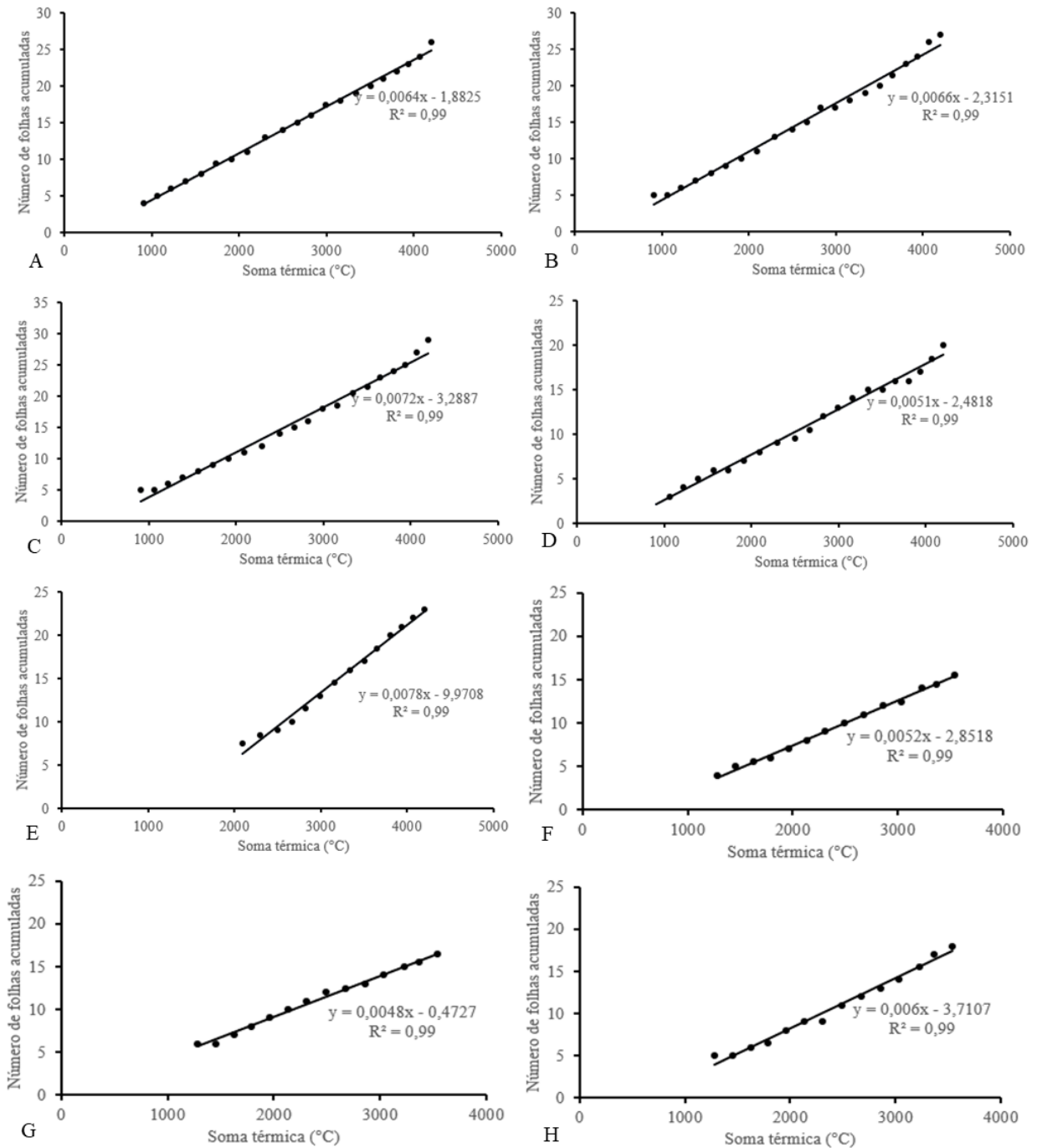
Fator	Filocrono (°C dia folha <sup>-1</sup> )	Filocrono (°C dia folha <sup>-1</sup> )
Clones	<u>2021/2022</u>	<u>2022/2023</u>
A	171,56 bAB *	215,81 aA
Estiva	139,43 bB	193,33 aA
Albion	216,37 aA	193,94 aA
Média		188,90
CV (%)		28,44
Espaçamento (A)	<u>2021/2022</u>	
15 cm x 13 cm	171,56 a	
18 cm x 15 cm	160,15 a	
20 cm x 18 cm	156,09 a	
Média	162,38	
CV (%)	17,69	

\* Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Houve uma relação linear entre o número acumulado de folhas (NFa) e a soma térmica

acumula (STa) com coeficientes de determinação ( $R^2$ ) muito próximos a unidade para todos os clones, densidades e safras (Figura 4). Isso indica que a temperatura do ar é um fator de elevada influência na emissão de folhas em plantas de morango e que a estimativa do filocrono pelo método da regressão linear é uma metodologia apropriada (XUE et al., 2004; STRECK et al., 2005a,b). A variação no filocrono entre os clones A, Albion e Estiva, em razão da temperatura e densidade de plantio, é importante do ponto de vista prático, pois torna possível observar as diferenças na emissão de folhas para uma mesma soma térmica.

Valores acima de  $170^{\circ}\text{C dia folha}^{-1}$  e de coeficiente de determinação de 0,98 foram encontrados por Walter et al. (2009) para as cultivares Arazá e Yvapiã de morango, quando cultivadas para produção de frutas numa densidade de 10 plantas/ $\text{m}^2$ , o que equivale a menos de cinco vezes o número de plantas do espaçamento 15 cm x 13 cm, com 51 plantas/ $\text{m}^2$ . Valores de  $135^{\circ}\text{C dia folha}^{-1}$ , em cultivo em canteiro a céu aberto (TAZZO et al., 2015), e próximos de  $150^{\circ}\text{C dia folha}^{-1}$  foram encontrados para produção de frutas de Albion no espaçamento de 30 x 30 cm para cultivo no solo em túnel baixo (ZEIST et al., 2019) e em estufa (CHIOMENTO et al., 2020). Diferenças de valores de filocrono também foram encontradas entre cultivares de arroz (*Oryza sativa*) (STRECK et al., 2007), trigo (*Triticum spp.*) (FRANK; BAUER, 1995; STRECK et al., 2005a), cevada (*Hordeum vulgare*) e forrageiras (FRANK; BAUER, 1995).

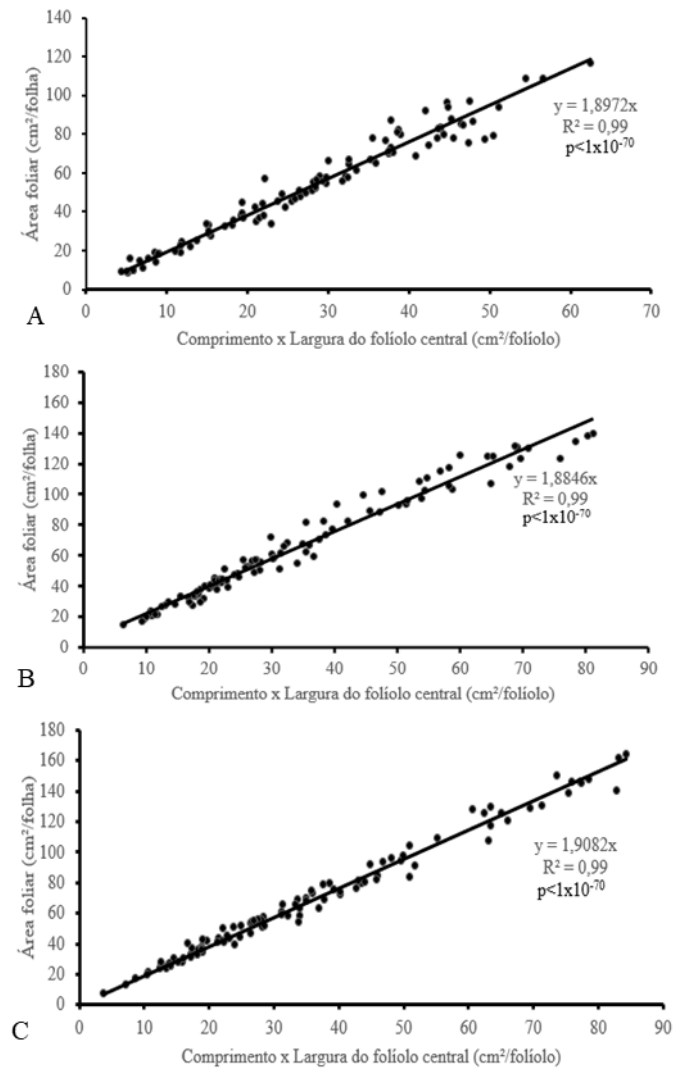


**Figura 4.** Regressão da média do número de folhas (NF) e da soma térmica acumulada (STa) para o clone A no espaçamento de 15 cm x 13 cm (A), 18 cm x 15 cm (B) e 20 cm x 18 cm (C) e para Albion (D) e Estiva (E) no espaçamento de 15 cm entre plantas x 13 cm entre fileiras na safra de 2021/2022 e de Albion (F), clone A (G) e Estiva (H) no espaçamento de 15 cm entre plantas x 13 cm entre fileira na safra de 2022/2023. Santa Maria, RS, 2023.

A regressão entre a área foliar e o produto do comprimento (C) e da largura (L) do folíolo principal ou central resultou no ajuste de modelos com altos valores de coeficiente de determinação (Figura 5). Os coeficientes de determinação dos modelos de estimativa de área



foliar foi de 0,99 para os clones A, Albion e Estiva. As inclinações angulares das regressões demonstram uma relação altamente significativa ( $p < 1 \times 10^{-70}$ ) entre as medidas estudadas, cujo valor de probabilidade é extremamente pequeno e, em termos práticos, indica uma evidência estatística muito forte contra a hipótese nula, demonstrando que as permanências permitem boas estimativas da área foliar em plantas de morango com base nas medidas do comprimento e da largura do folíolo central.



**Figura 5.** Regressão da área foliar do trifólio ( $\text{cm}^2$ ) pelo produto do comprimento e da largura do folíolo central, função  $y = ax$ , valores de  $R^2$  e  $p$  para Albion (A), Estiva (B) e clone A (C) de morango. Santa Maria, RS, 2023.

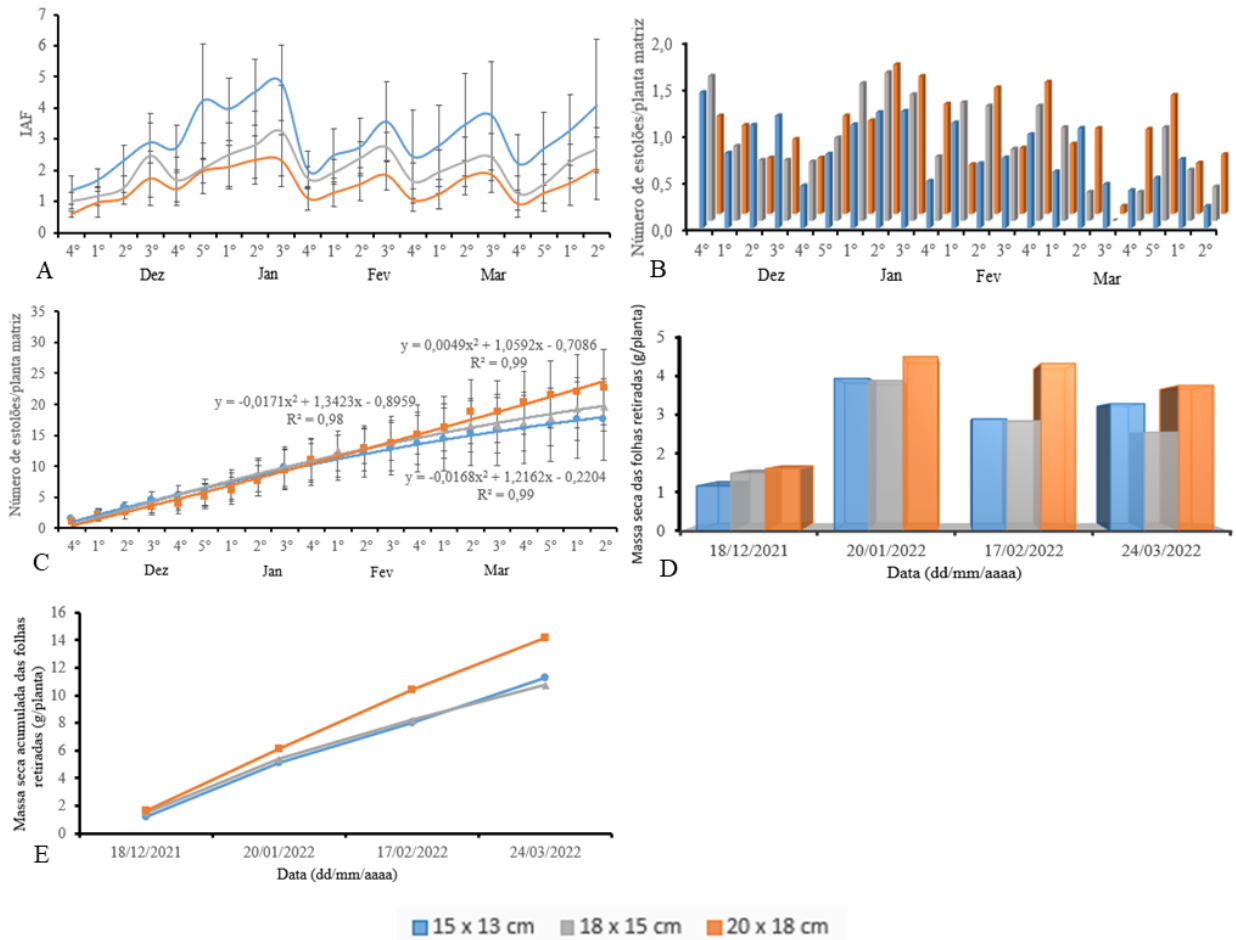
Por terem sido considerados folhas de diferentes tamanhos para calibrar estes modelos têm a capacidade de prever a área foliar com alta precisão, apenas com a medição do comprimento e da largura do folíolo central (ROSA et al., 2013). Pires, Folegatti e Passos (1999),

testando métodos de estimativa de área foliar do morango por meio não destrutivo, obtiveram os melhores resultados quando analisaram comprimento e largura em conjunto. Segundo Busato et al. (2010) modelos de estimativa de área foliar com medidas não destrutivas, transmitidas diretamente no campo, são ferramentas usadas e úteis para predição da área foliar, permitem avaliações constantes na mesma planta e aumentam a precisão experimental. Modelos de regressão também foram utilizados para calcular o acúmulo de área foliar em plantas de morango por Ali e Aboelghar (2019) e Guan (2020).

As equações ajustadas para determinação da área foliar do trifólio a partir das dimensões do folíolo central para cada clone estão apresentados na figura 5. O coeficiente de forma foi um pouco maior para o clone A (Figura 5C) com 1,9082, intermediário para Albion (Figura 5A) com 1,8972 e menor para Estiva (Figura 5B) com 1,8846. As plantas do clone A são mais altas e vigorosas e apresentam folhas com maiores dimensões comparado com Estiva e Albion, o que justifica apresentar um maior coeficiente de forma. Na comparação entre os clones, Albion apresentou o menor coeficiente de forma e vigor de planta comparado com os demais, representando uma arquitetura mais compacta de planta, com folhas menores e próximas ao eixo central.

Variações entre os coeficientes de forma também foram encontradas por Rosa et al. (2013), que obteve maior valor para Arazá (2,1776) do que Yvapitá (2,0815) e associou essas variações a morfologia das folhas oriunda da grande variação genética entre os clones avaliados de morango. Jung Su Jo (2022) também encontrou diferenças entre os clones avaliados e afirmou que modelos de estimativa de área foliar devem ser desenvolvidos para cada material genético. Em sua pesquisa, a área foliar de Jukhyang, Seolhyang e Maehyang puderam ser previstas de forma não destrutiva através de medições dos folíolos e apresentaram valores de  $R^2$  acima de 0,96 e de Arihyang e Geumsil apresentaram valores de  $R^2$  de 0,93 e 0,92, respectivamente.

No primeiro ano de cultivo as avaliações para índice de área foliar (IAF), em três densidades de plantio para o clone A, iniciaram dia 25 de novembro de 2021, encerrando após 20 semanas, no dia 14 de abril de 2022 (Figura 6). Em geral, com o aumento da densidade de plantas ocorreu um ligeiro incremento do IAF. Os maiores valores de IAF foram 4,0 na maior densidade, atingindo até 5,0 no mês de janeiro. As menores densidades atingiram valores de IAF de 3,0 e 2,0. Como o IAF é uma relação entre área foliar individual da planta matriz pela área ocupada de canteiro. Os valores de desvio padrão também apresentaram uma maior variabilidade de valores em maiores densidades, maiores variações entre as plantas, devido a competição por luz, nutrientes e menor espaço disponível para a planta.



**Figura 6.** Índice de área foliar (IAF) (A), produção semanal e acumulada do número de estolões por planta matriz (B, C) e massa seca de folhas por data de avaliação e acumulado (D, E) em três densidades de plantio durante o período de produção de estolões do clone A na safra 2021/2022. Santa Maria, RS, 2023.

Em sistemas de alta densidade, as plantas estão próximas umas das outras, o que resulta em sombreamento mútuo. À medida que as plantas se desenvolvem e as folhas se expandem, as plantas competem por radiação solar. A redução do IAF individual afeta a capacidade das plantas em realizar fotossíntese e produzir energia. É importante considerar esses efeitos ao planejar a densidade de plantio, pois uma densidade muito alta pode levar a uma redução significativa na produção, devido à competição por recursos e à redução do IAF individual das plantas. Encontrar um equilíbrio adequado entre a densidade de plantio e a disponibilidade de recursos é essencial para atingir o desenvolvimento ideal das plantas.

De acordo com Chapepa et al. (2020), a relação entre a densidade de plantas e o IAF desempenha um papel importante na interceptação da luz nas culturas de algodão (*Gossypium hirsutum*). A densidade de plantas afeta a arquitetura da copa, modificando a distribuição espacial das folhas e, conseqüentemente, o IAF. Com o aumento da densidade de plantas, ocorre um

aumento no IAF, pois mais folhas estão presentes na área de cultivo, o mesmo ocorrendo em trabalhos de densidade e IAF com a cultura da soja (*Glycine max*) (GALLUCCI, 2022), e milho (*Zea mays*) (AMANULLAH, 2007; GALLUCCI, 2022). O aumento do IAF também contribui para o sombreamento do solo, reduzindo a evaporação direta do solo. Chapepa et al. (2020) observou que há um ponto de saturação em que o aumento adicional da densidade de plantas e do IAF não proporciona um aumento significativo na produção de algodão. Portanto, é importante encontrar o equilíbrio entre a densidade de plantas e o IAF para otimizar a interceptação da luz e maximizar o rendimento da cultura.

Durante o período experimental também se avaliou a produção de pontas de estolão e a massa seca de folhas produzida por planta matriz (Figura 6). Considerando a produção semanal de pontas de estolão, houve uma relação dos picos de produção com a massa seca e os elevados valores de IAF, com temperaturas elevadas, em final de janeiro e de fevereiro de 2022. Há aumento da produção individual, tanto de estolões quanto de massa seca de folhas por planta, com a redução da densidade, valores de 17,5, 19,6 e 22,7 estolões, e de 11,3, 10,8 e 14,2 g/planta, para os espaçamentos de 15 cm x 13 cm, 18 cm x 15 cm e 20 cm x 18 cm, respectivamente. Mochizuki (2013) encontrou em seu estudo valores de matéria seca total de folhas de 15,9 g/planta, para a Benihoppe, valor atribuído à sua capacidade de produzir folhas maiores. Os pecíolos eretos e mais longos permitiram uma melhor penetração da radiação solar, contribuindo para sua excelente taxa de crescimento da cultura. Características semelhantes ao clone A, que teve destaque neste estudo.

Com a análise de regressão da média da produção acumulada de estolões por planta matriz ao longo do período experimental, e obtenção das funções para produção de estolão de cada uma das densidades (Figura 6C) apresentou altos ( $R^2$  acima de 98%) coeficientes de determinação, indicando que as funções possuem um ajuste muito bom aos dados observados. Isso significa que a grande maioria da variação no número de estolão pode ser explicada pela relação com o tempo, conforme descrita nas equações. Ainda, pode-se inferir que a função é capaz de prever o número de estolão com alta precisão com base no tempo. É importante ressaltar que um alto valor de  $R^2$  sugere uma boa capacidade preditiva da função. No entanto, é possível que existam outros fatores além do tempo que influenciam a produção de estolão. Esses fatores podem não estar contemplados na equação, como o clone estudado, as condições climáticas, o manejo das plantas, ou os estresses abiótico e biótico que a planta foi submetida e a interação do genótipo com o ambiente podem influenciar a produção de pontas de estolão.

A função é uma equação quadrática, com três termos que descrevem diferentes aspectos do processo de produção. Associado ao termo quadrático está o coeficiente que representa a taxa de crescimento de estolão em relação ao tempo ( $ax^2$ ). O valor negativo indica que a taxa de

crescimento diminui, e positivo que aumenta, à medida que o tempo passa. No contexto das estolões de morango, isso sugere que, à medida que o tempo aumenta, a taxa de produção de novos estolões diminui ou aumenta gradualmente. O coeficiente do termo linear representa a taxa de crescimento de estolão em relação ao tempo ( $bx$ ). O valor positivo indica que o número de estolão aumenta linearmente com o tempo, e se negativo que o número de estolão diminui. Esse coeficiente sugere que, a cada unidade de tempo, espera-se uma variação média de estolão. Isso implica que, à medida que o tempo passa, o número de pontas de estolão produzidas aumenta ou diminui de forma constante e previsível.

O coeficiente independente, também conhecido como termo constante, é o valor fixo na equação. Ele representa uma quantidade constante de estolão já presente na planta matriz antes do início da contagem de tempo. Esse valor é subtraído da equação ou adicionado, o que significa que ele afeta o deslocamento vertical da função. No contexto da produção de pontas de estolão, esse coeficiente indica uma quantidade inicial de estolão na planta matriz antes de qualquer incremento do tempo. Ao usar essa função é possível inserir diferentes valores de tempo ( $x$ ) para obter estimativas do número de estolão ( $y$ ) produzidos pela planta matriz. No entanto, é importante considerar que essa função é uma simplificação e que podem existir outros fatores, além do tempo, que influenciam a produção de pontas de estolão de morango.

A equação quadrática ajustada para o espaçamento de 20 cm x 18 cm apresentou um coeficiente quadrático positivo (0,0049), indicando um crescimento acelerado na produção de pontas estolão à medida que o tempo avança. O coeficiente linear positivo (1,059) indica que a produção também cresce linearmente com o tempo. Com maior espaçamento seria esperado uma produção inicial de pontas de estolão mais lenta, mas com um crescimento constante e acelerado ao longo do tempo. A maior distância entre as plantas permite que cada planta tenha mais espaço para se desenvolver, resultando em um crescimento mais robusto e maior produção de estolão ao longo do tempo.

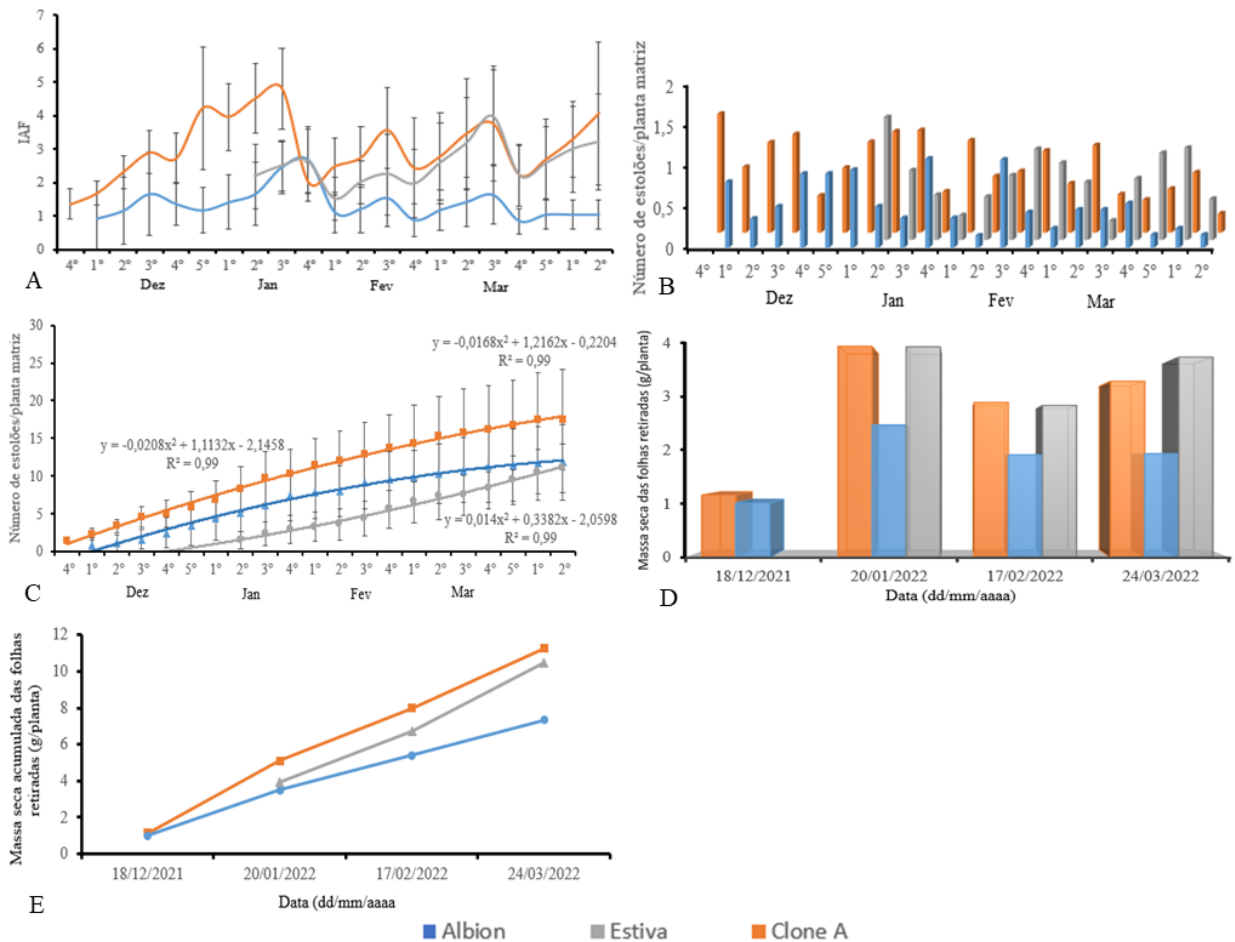
A equação quadrática ajustada para o espaçamento de 18 cm x 15 cm apresentou um coeficiente quadrático negativo (-0,0171), indicando uma taxa de crescimento inicialmente rápida, que atinge um ponto máximo e depois diminui de forma acelerada. O coeficiente linear positivo (1,3423) indica que, apesar da queda na produção, a taxa de crescimento linear ainda é positiva. Neste espaçamento seria esperada uma produção inicial mais rápida, com um crescimento acelerado em um período específico. No entanto, devido à proximidade entre as plantas, ocorreu uma maior competição por recursos como luz, nutrientes e água. Isso leva a uma diminuição na produção ao longo do tempo, à medida que as plantas enfrentam limitações e entram em competição direta umas com as outras.

A equação quadrática ajustada para o espaçamento de 15 cm x 13 cm, assim como na função anterior, apresentou coeficiente quadrático negativo (-0,0168) e coeficiente linear positivo (1,2162). Neste menor espaçamento entre as plantas também era esperado uma produção inicial mais precoce, mas com uma diminuição mais acentuada ao longo do tempo em comparação com os maiores espaçamentos. Isso se deve a competição ainda mais intensa entre as plantas, levando a uma redução mais pronunciada na produção de pontas de estolão.

Em termos agronômicos, as diferenças nas curvas de produção de pontas de estolão podem ser interpretadas no sentido de que o plantio mais espaçado (20 cm x 18 cm) pode ser vantajoso em termos de crescimento e desenvolvimento individual. Cada planta tem mais espaço para se expandir e receber recursos, resultando em um crescimento e desenvolvimento mais vigoroso ao longo do tempo. Com a diminuição do espaçamento entre plantas (18 cm x 15 cm ou até 15 cm x 13 cm) ocorre um aumento proporcional da competição entre as plantas matrizes, fazendo que ocorra uma produção inicial mais alta seguida por uma queda ao longo do tempo.

A maior competição entre as plantas matrizes pode ter limitado o crescimento, o que seria favorável para a produção de pontas de estolão. Como cada espaçamento resultou em diferenças no IAF e na produção de pontas de estolões, a escolha do melhor espaçamento entre as plantas deve considerar qual o objetivo do produtor para que seja possível otimizar a produção de acordo com as condições específicas de cultivo. Cabe ressaltar que as diferenças observadas na produção acumulada de pontas de estolão entre os espaçamentos avaliados não foram significativas e, com isso, a utilização do menor espaçamento entre as plantas resultou na maior produtividade de pontas de estolão por área. O espaçamento entre plantas também afetou o IAF e o rendimento de algodão em caroço (CHAPEPA et al., 2020), soja e milho (GALLUCCI, 2022).

Na comparação entre clones no espaçamento de 15 cm x 13 cm (Figura 7) ocorreram diferenças entre os períodos de avaliação e no seu comportamento na safra de 2021/2022. O clone A foi avaliado por 20 semanas (25 de novembro de 2021 a 14 de Abril de 2022), apresentou planta com maior estatura e tamanho de folha, se destacando no índice de área foliar (4,0), produção de massa seca de folhas (11,3 g/planta) e de pontas de estolão (17,5 por planta matriz). Estiva foi avaliada por 14 semanas (13 de janeiro de 2022 a 14 de abril de 2022), apresentou porte intermediário e valores intermediários de índice de área foliar (3,0), massa seca de folhas de (10,5 g/planta) e produção de 11,1 pontas de estolão por planta matriz. Albion foi avaliada por 19 semanas (01 de dezembro de 2021 a 14 de abril de 2022), com menor estatura de planta e menores valores de IAF (2,0), massa seca de folhas (7,3 g/planta) e produção de pontas de estolão de 11,8 por planta matriz.



**Figura 7.** Índice de área foliar (IAF) (A), produção semanal e acumulada do número de estolões por planta matriz (B, C) e massa seca de folhas por data de avaliação e acumulado (D, E) de três clones de morango durante o período de produção de estolões na safra 2021/2022. Santa Maria, RS, 2023.

Em termos de produção de pontas de estolão, Rosa et. al. (2010) obteve 10,9 pontas/planta matriz de Arazá. Enciso-Garay (2020) observou variações de 100 a 600 estolões/m<sup>2</sup> e massa seca de folhas variando de 4,6 a 17,0 g/planta. Esses resultados foram obtidos em sistemas de cultivo sem solo e com baixa densidade de plantas, variando de 4 a 11 plantas/m<sup>2</sup>, muito menores das densidades de plantas matrizes de 35,9 a 51,3 plantas/m<sup>2</sup> utilizadas nesta pesquisa.

Em relação ao número acumulado de pontas de estolão produzidos por planta matriz, o clone A apresentou um coeficiente do termo quadrático negativo (-0,0168), indica que a taxa de crescimento da produção de estolão diminuiu durante o período avaliado. Como o coeficiente do termo linear foi positivo (1,2162), ocorreu um aumento linear na produção. Nessa safra teve uma taxa de crescimento quadrático negativa, o que sugere que o crescimento da produção de estolão foi inicialmente rápido, mas desacelerou ao longo do tempo. É importante observar que os coeficientes são relativamente baixos, o que sugere um crescimento e aumento na produção mais

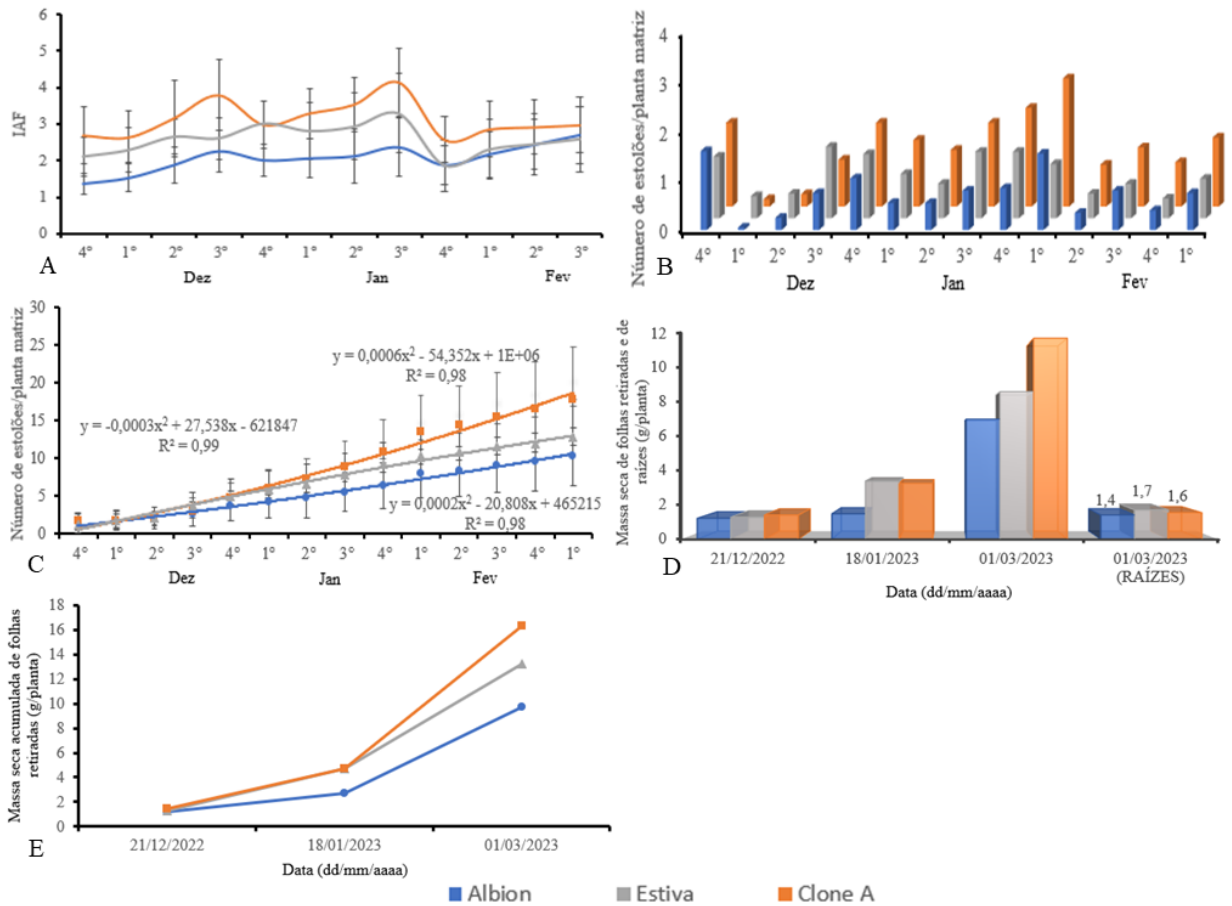
lentos em comparação com os demais clones. Albion apresentou uma taxa de crescimento quadrático negativa mais acentuada em comparação com o clone A. Isso significa que a produção de estolão cresceu rapidamente no início, mas diminuiu significativamente à medida que o tempo avançou. Apesar disso, a taxa de crescimento linear positiva indica que a produção continuou aumentando ao longo do tempo, mas em uma taxa menor. Estiva apresentou um pequeno e positivo (0,014) coeficiente do termo quadrático e um coeficiente do termo linear também positivo (0,3382). Estiva apresentou uma taxa de crescimento quadrático positiva, o que sugere um aumento acelerado na produção de estolão à medida que o tempo avança. Além disso, a taxa de crescimento linear positiva indica que a produção continua a aumentar constantemente e com uma maior taxa que os demais clones, resultando em maior produção de pontas de estolão por planta matriz ao longo do período de avaliação.

Na comparação entre clones no espaçamento de 15 cm x 13 cm na safra de 2022/2023 (Figura 8) foi observado um comportamento muito similar na evolução do índice de área foliar em comparação com a safra anterior. O clone A apresentou IAF próximo a 4,0, Estiva 3,0 e Albion 2,0. O clone A também se destacou na produção de massa seca de folhas (16,4 g/planta), seguido de Estiva (13,3 g/planta) e Albion (9,8 g/planta). Valores semelhantes foram relatados por Mochizuki (2013) e Enciso-Garay (2020) para outros clones de morango.

Na safra de 2022/2023 foi determinada a massa seca das plantas no final do período experimental, mostrando diferenças importantes entre os clones avaliados. Para massa seca de raízes foram encontrados valores de 1,7 g/planta para Estiva, 1,6 g/planta para A e 1,4 g/planta para Albion. Assim, o clone A que apresenta grande vigor vegetativo apresentou valor de massa seca de raiz pouco menor do que Estiva, o que pode ter contribuído ao murchamento de plantas em alguns dias de temperaturas muito elevadas. Enciso-Garay encontrou valores de massa seca de raiz variando entre 3,2 g/planta para Sabriana a 1,3 g/planta para Caminho Real, em pesquisa com 20 clones de morango. Mochizuki (2013) obteve valores entre 6,1 g/planta e 4,4 g/planta, para as cultivares Benihoppe e Toyonoka, respectivamente. Cabe ressaltar que são esperados maiores valores de massa seca de raízes de plantas cultivadas em menor densidade.

A produção de pontas de estolão também foi similar entre as safras avaliadas com 17,9 pontas de estolão por planta matriz no clone A, 12,8 pontas com Estiva e 10,3 pontas com Albion. Xiaonan Shi, (2021) contabilizou 10,6 estolões primários por planta matriz de Albion cultivada em sistema para produção de mudas fora solo.





**Figura 8.** Índice de área foliar (IAF) (A), produção semanal e acumulada do número de estolões por planta matriz (B, C) e massa seca de folhas por data de avaliação e acumulado (D, E) de três clones de morango durante o período de produção de estolões na safra 2022/2023. Santa Maria, RS, 2023.

Em termos de produção acumulada de pontas de estolão por planta matriz, o clone A apresentou uma taxa de crescimento linear negativa, indicando diminuição à medida que o tempo avança. Estiva apresentou um aumento inicial e, com taxa positiva de crescimento linear, apresentou um aumento constante da produção com o tempo. Albion apresentou taxa de crescimento quadrática positiva, porém em uma taxa menor em comparação com o clone A. A taxa de crescimento linear também foi negativa, indicando uma diminuição na produção de pontas de estolão à medida que o tempo avançava. Portanto, Albion apresentou uma produção inicial moderada, seguida de um declínio gradual e mais lento ao longo do tempo em comparação com o clone A.

Na comparação das safras, o clone A apresentou um crescimento e aumento na produção mais lentos, porém constantes e distribuídos ao longo do período de avaliação, proporcionando uma maior janela de oferta de mudas. Albion apresentou uma maior produção inicial, mas seguida

por uma diminuição acentuada, fazendo com que houvesse uma maior concentração precoce na produção de pontas de estolão e numa menor janela no início do ciclo. Estiva apresentou uma produção de estolão mais acelerada e mais alta no final do período de avaliação, caracterizando como um material genético que concentra a produção mais tardiamente. Essas diferenças entre clones são muito importantes para o produtor no posicionamento da época de oferta de mudas.

Além das diferenças nos coeficientes das funções, é importante considerar que essas funções são apenas modelos matemáticos simplificados para descrever o processo de produção de estolão de morango. Existem muitos outros fatores que podem influenciar a produção, condições climáticas, técnicas de cultivo, nutrição das plantas, doenças e pragas, entre outros. Portanto, é essencial interpretar os resultados com cautela e considerar o contexto específico da produção de pontas de estolão de morango ao analisar estas funções. Portanto, as informações apresentadas e discutidas devem ser consideradas como uma análise preliminar e outros fatores devem ser avaliados antes de serem tiradas conclusões definitivas.

## 5 CONCLUSÕES

O filocrono e o coeficiente de forma da folha para a estimativa da área foliar variam com a cultivar de morango.

A massa seca de folhas retiradas para o ajuste do índice de área foliar é relativamente constante após o estabelecimento das plantas matrizes.

A produção de pontas de estolão varia com a cultivar e a época de coleta, indicando que existem picos de produção que são característicos de cada cultivar de morango.

## REFERÊNCIAS

AGRO INSIGHT. Brasil importa mais de 70% das mudas de morango cultivadas.

**Agrônoma part of the cotecna group**, 2020. Disponível em: <  
<https://agronomicabr.com.br/default.aspx> >, acesso em 25 de jul. de 2023.

ALI, A. M.; ABOELGHAR, M. Comparative Analysis of Different Methods of Leaf Area Index Estimation of Strawberry under Egyptian Condition. **International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS**, v. 8, p. 2963 - 2970, 2019. Disponível em:  
<https://doi.org/10.23953/cloud.ijarsg.405>.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711 - 728, 2013. Disponível em:

<https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.

AMANULLAH, M.; JAFFAR HASSAN, M.; NAWAB, K.; ALI, A. Response of Specific Leaf Area (SLA), Leaf Area Index (LAI), and Leaf Area Ratio (LAR) of Maize (*Zea mays* L.) to Plant Density, Rate, and Timing of Nitrogen Application. **World Applied Sciences Journal**, v. 2 (3), p. 235 - 243, 2007.

ANTUNES, O. T. Abelha Jataí como agente polinizador de cultivares de morangueiro em ambiente protegido. p. 142 . **Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo**, 2005.

ARMEFLHOR. Rapport technique sur la production de plants Fraisimotte a l'île de la reunion. **Saint-Pierre: Association Réunionnaise pour la modernization de l'Economie fruitière légumière et horticola**, p. 69, 2006.

ARNOLD, C. Y. Maximum-minimum temperatures as a basis for computing heat units. **Proceedings of the American Society for Horticultural Sciences**, v. 76, p. 682 - 692, 1960.

ASTEGIANO C. D.; FAVARO, J. C.; BOUZO, C. A. Analítico: Estimacion del area foliar en diferentes cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) aplicando medidas foliares lineales. **Investigación Agraria**, v. 16, p. 249 - 256, 2001.

BHATT, M.; CHANDA, S. V. Prediction of leaf area in *Phaseolus vulgaris* by non-destructive method. **Bulgarian Journal Plant Physiol**, v. 29, p. 96 - 100, 2003.

BISH, E. B.; CANTLIFFE, D. J.; CHANDLER, C. K. A system for producing large quantities of greenhouse grown strawberry plantlets for plug production. **HortTechnology**, v. 11, p. 636 - 638, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.11.4.636>.

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

BISOGNIN, D. A. et al. Rooting potential of mini-cuttings for the production of potato plantlets. **American Journal of Plant Sciences**, v. 6, p. 366 - 371, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.4236/ajps.2015.62042>.

BISOGNIN, D. A. Produção de plantas matrizes de morangueiro. **Seminário sobre o cultivo hidropônico do morangueiro**, v. 1, p. 9 – 17, 2007.

BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V. Estimation of leaf area for greenhouse cucumber by linear measurements under salinity and grafting. **Scientia Agricola**, v. 62, p. 305 - 309, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-9016200500040000>.

BORTOLOZZO, A. R. et al. Produção de morangos no sistema semi-hidropônico. **Bento Golçalves: Embrapa Uva e Vinho, circular técnica 62**, p. 24, 2007.

BRADFORD, E.; HANCOCK, J. F.; WARNER, R. M. Interactions of Temperature and Photoperiod Determine Expression of Repeat Flowering in Strawberry. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, v. 135, p. 102 - 107, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.21273/JASHS.135.2.102>.

BUSATO, C. et al. Estimativa da área foliar da batateira, cultivar Atlantic, utilizando dimensões lineares. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 4, p. 702 - 708, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902010000400026>.

CARVALHO, S. L.; NEVESM C. S. V. J.; BÜRKLE, R.; MARU, C. J. Épocas de indução floral e soma térmica do período do florescimento à colheita de abacaxi 'Smooth Cayenne'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n.3, p. 430 - 433, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452005000300022>.

CASTRO, P.; BUSHAKRA, J. M.; STEWART, P.; WEEBADDE, C. K.; WANG, D.; HANCOCK, J. F.; FINN, C. E.; LUBY, J. J.; LEWERS, K. S. Genetic mapping of day-neutrality in cultivated strawberry. **Molecular Breeding**, v. 35, n. 79, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11032-015-0250-4>.

CHAPEPA, B.; MUDADA, N.; MAPURANGA, R. The impact of plant density and spatial arrangement on light interception on cotton crop and seed cotton yield: an overview. **Journal of Cotton Research**, v. 3, p. 18, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s42397-020-00059-z>.

CHIOMENTO, J. L. T.; FERREIRA, A. F. B.; COSTA, R. C.; TRENTIN, N. S.; TRENTIN, T. S.; CALVETE, E. O. Phyllochron, and root system development of six strawberry cultivars with different photoperiodic flowering responses. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 19, n. 4, p. 368 - 373, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.18188/sap.v19i4.25536>.

COSTA, R. C.; CALVETE, E. O.; SPENGLER, N. C. L.; CHIOMENTO, J. L. T.; TRENTIN, N. S.; PAULA, J. E. C. Morpho-phenological and agronomic performance of strawberry cultivars with different photoperiodic flowering responses. **Acta Scientiarum. Agronomia**, v. 43, ed. 45189, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v43i1.45189>.

DAL PICIO, M. et al. Produção de frutos em plantas matrizes de morangueiro após a produção de pontas de estolões de diferentes cultivares. **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**, p. 477, 1966. Disponível em: ISBN 0817340114

DEMIRSOY, H.; DEMIRSOY, L.; ÖZTÜRK, Improved model for the nondestructive estimation of strawberry leaf area. Ondokuz Mays University. **Faculty of Agriculture. Department of Horticulture**. Fruits, v. 60, p. 69 - 73, 2005. Disponível em: DOI 10.1051/fruits:2005014.

DURNER, E. F; POLING, E. B; MAAS, J. L. Recent advances in strawberry plug transplant technology. **HortTechnology**, v. 12, p. 545 - 550, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.12.4.545>.

EMBRAPA. **Pequenas frutas: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. –Brasília, DF, v. 1 p. 194, 2012. Disponível em: ISBN 978-85-7035-114-2.

ENCISO-GARAY, C. R.; SANTACRUZ OVIEDO, V. R.; GARCIA, D.; GUILLÉN, O. Prolificidad de genotipos de frutilla en clima subtropical. **Idesia (Chile)**, v. 38, n. 2, p. 57 – 63,

2020. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/347456178>.

FAO - **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. 2021. FAOSTAT: Agricultural Production/strawberry, 2023. Disponível em: < <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> >. Acesso em: 07 de jul. de 2023.

FERNANDES JÚNIOR, F.; FURLANI, P. R.; RIBEIRO, I. J. A.; CARVALHO, C. R. L. Produção de frutos e estolhos do morangueiro em diferentes sistemas de cultivo em ambiente protegido. **Bragantia**, v. 61, p. 25 – 34. 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052002000100005>.

FRANK, A. B.; BAUER, A. Phyllochron differences in wheat, barley and forrage grasses. **Crop Science**, v. 35, n. 1, p. 19 - 23, 1995. Disponível em: <https://doi.org/10.2135/cropsci1995.0011183X003500010004x>.

GALLUCCI, A. D. Relação entre o índice de área foliar e a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa na soja e milho. 2022. 70 f. **Dissertação (Mestrado em Ciências/Fitotecnia) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/D.11.2022.tde-11052022-120548>.

GILMORE, E. C.; ROGERS, J. S. Heat units as a method of measuring maturity in corn. **Agronomy Journal**, v. 50, n. 10, p. 611 - 615, 1958. Disponível em: <https://doi.org/10.2134/agronj1958.00021962005000100014x>.

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>.

GUAN, Z.; ABD-ELRAHMANA, A.; FÃC, Z.; WHITAKER, V. M.; WILKINSON, B. Modeling strawberry biomass and leaf area using object-based analysis of high-resolution images. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 163, p. 171 - 186, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.02.021>.

GUO, D. P.; SUN, Y. Z. Estimation of the leaf area of the stem of lettuce (*Lactuca sativa* var. *angustana*) from linear measurements. **The Indian Journal of Agricultural Sciences**, v. 71, p. 483 - 486, 2001. Disponível em: Corpus ID: 83415878.

HANCOCK J. F. Strawberries. CABI Publication, **Crop Production Science in Horticulture**, v. 2, p. 1 - 3, 2020. Disponível em: ISBN-13: 9781789242270.

HANCOCK, J. F.; FLORE, J. F.; GALLETTA, G. J. 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>.

HEIDE, O. M.; STAVANG, J. A.; SONSTEBY, A. Fisiologia e genética da floração em morangos cultivados e silvestres – uma revisão. **Jornal da Ciência Hortícola e Biotecnologia**, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/14620316.2013.11512930>.

HERMES, C. C.; MEDEIROS, S. L. P.; MANFRON, P. A.; CARON, B.; POMMER, S. F.; BIANCHI, C. Emissão de folhas de alface em função da soma térmica. **Revista Brasileira de**

**Agrometeorologia**, v. 9, p. 269 - 275, 2001.

INIAP – **Estação Agronômica Nacional**. Manual do morangueiro. p. 6 -7, 2005. Disponível em: ISBN 972-579-030-8.

JANISCH, D. I.; ANDRIOLO, J. L.; TOSO, V.; SANTOS, K. G. F.; SOUZA, J. M. Nitrogen for growth of stock plants and production of strawberry runner tips. **Bragantia**, v. 71, p. 394 - 399, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052012005000027>.

JUNG SU JO; SIM, H. S.; JUNG, S. B.; MOON, Y. H.; JO, J.; WOO, U. J.; KIM, S. K. Estimation and Validation of the Leaf Areas of Five June-bearing Strawberry (*Fragaria × ananassa*) Cultivars using Non-destructive Methods. **Journal of Bio-Environment Control**, v. 31, n. 2, p. 98-103, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.12791/KSBEC.2022.31.2.098>.

KEISLING, T. C. Calculation of the Length of Day. **Agronomy Journal**, v. 74, p. 758 - 759, 1982. Disponível em: <https://doi.org/10.2134/agronj1982.00021962007400040036x>.

KERAMATLOU I.; SHARIFANI, M.; SABOURI, H. ALIZADEH, M.; KAMKAR, B. A simple linear model for leaf area estimation in Persian walnut (*Juglans regia* L.). **Scientia Horticulturae**, v. 184, p. 36 - 39, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.12.017>.

KLEPPER, B. et al. Quantitative characterization of vegetative development in small cereals. **Agronomy Journal**, v. 74, n. 5, p. 789 - 792, 1982. Disponível em: <https://doi.org/10.2134/agronj1982.00021962007400050005x>.

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>.

MAJEROWICZ, N. Fotossíntese. In: KERBAUY, G. B. (Ed.). Fisiologia vegetal. Rio de Janeiro: **Guanabara Koogan**, p. 114 - 177, 2004.

MALAGODI-BRAGA, K. S. Estudo de agentes polinizadores em cultura de morango (*Fragaria x ananassa* Duchesne – Rosaceae). p. 110. **Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo**, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/T.41.2002.tde-27092004-164949>.

MARTINS, F. B.; SILVA, J. C.; STRECK, N. A. Estimativa da temperatura-base para emissão de folhas e do filocrono em duas espécies de eucalipto na fase de muda. **Revista Árvore**, v. 31, p. 373 - 381, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622007000300002>.

MCMASTER, G. S.; SMIKA, D. E. Estimativa e avaliação da fenologia do trigo de inverno nas Grandes Planícies centrais. **Meteorologia Agrícola e Florestal**, v. 43, n.1, p. 1 - 18, 1988. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0168-1923\(88\)90002-0](https://doi.org/10.1016/0168-1923(88)90002-0).

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).

MENDONÇA, H. F. C.; CALVETE, E. O.; NIENOW, A. A.; COSTA, R. C.; ZERBIELLI, L.; BONAFÉ, M. Estimativa do filocrono de morangueiro em sistemas consorciado e solteiro em ambientes protegidos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, p. 15 - 23, 2012a. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452012000100005>.

MENDONÇA, H. F. C.; MÜLLER, A. L.; BOENO, M. C.; ZERBIELLI, L.; BONAFÉ, M.; TAZZO, I. F.; CALVETE, E. O.; NIENOW, A. A. The phyllochron of strawberry intercropped with fig trees in a greenhouse. **Acta Horticulturae**, v. 926, p. 547 - 550, 2012b. Disponível em doi: 10.17660/ActaHortic.2012.926.77.

MENDONÇA, H. F. C.; MÜLLER, A. L.; TAZZO, I. F.; CALVETE, E. O. Accumulated leaf number in strawberry cultivars grown in a greenhouse. **Acta Horticulturae**, v. 926, p. 295-300, 2012c. Disponível em: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.926.40>.

MOCHIZUKI, Y.; FUNAYAMA, M.; NINOMIYA, S.; FUKU, M.; NWE, Y. Y.; YAMADA, M.; OGIWARA, I. Analysis of the high-yielding strawberry cultivar (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) Benihoppe with a focus on dry matter production and leaf photosynthetic rate. **Jornal da Sociedade japonesa de ciências Horticolas**, ciência, v. 82, n. 1, p. 22 – 29, 2013. Disponível em: [https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjshs1/82/1/82\\_22/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjshs1/82/1/82_22/_pdf).

MORALES, R. G. F. et al. Produtividade do morangueiro em função da adubação orgânica complementar em cultivo protegido. **Ambiência**, v. 8, p. 23 – 33, 2012. Disponível em doi: 10.5777/ambiencia.2012.01.02.

MOLINARI, P.; VINANTE, P. La coltivazione dela fragola e dei piccoli frutti in Trentino – Manuale pratico. **Supplemento a ESAT notizie**, n. 12, p. 112, 2001.

NE SMITH, D. S. Nondestructive Leaf Area Estimation of Rabbiteye Blueberries. **HortScience**, v. 26, p. 1, 1991. Disponível em: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.26.10.1332>.

NITSCH, J. P. Growth and morphogenesis of the strawberry as related to auxin. **American Journal of botany**, v. 37, p. 211 - 215, 1950. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/2437903>.

OLFATI, J. A.; PEYVAST, G.; SHABANI, H.; NOSRATIE, R. Z. An Estimation of Individual Leaf Area in Cabbage and Broccoli Using Non-destructive Methods. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 12, p. 627 - 632, 2010. Disponível em: DOR: 20.1001.1.16807073.2010.12.5.8.2.

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>.

OLIVERA, M.; SANTOS E. M. A Semi-Empirical Method to Estimate Canopy Leaf Area of Vineyards. **American Journal Enology and Viticulture**, v. 46, p. 389 - 391, 1995. Disponível em: <https://doi.org/10.5344/ajev.1995.46.3.389>.

OMETTO, J. C.; Bioclimatologia vegetal. **Revista Ceres**, p. 400, 1981.

PIRES, R. C. M.; FOLEGATTI, M. V.; PASSOS, F. A. Estimativa da área foliar do

moranguero. **Horticultura Brasileira**, v. 17, n. 2, p. 86 - 90, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-05361999000200002>.

PIVETTA, C. R. et al. Emissão e expansão foliar em três genótipos de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Ciência Rural**, v. 37, n. 5, p. 1274 - 1280, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782007000500009>.

RADMANN, E. B. et al. Caracterização e diversidade genética de cultivares de moranguero. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 84 - 87, 2006.

RIGON, L. et al. Perfil das pequenas frutas. In: Anuário Brasileiro de Fruticultura. **Editora Gazeta**, p. 90 - 97, 2005.

RONQUE, E. R. V. Cultura do moranguero: revisão e prática. **Emater**, p. 206, 1998.

ROSA, H. T. et al. Crescimento vegetativo e produtivo de duas cultivares de morango sob épocas de plantio em ambiente subtropical. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 3, p. 604 - 613, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902013000300024>.

ROSA, H. T. Emissão e crescimento de folhas e seus efeitos na produção de frutas de duas cultivares de moranguero. **Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria**, p. 85, 2010. Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/5018>.

SALERNO A.; RIVERA, C. M.; ROUPHAEL, Y.; COLLA, G.; CARDARELLI, M.; PIERANDREI, F.; REA, E.; SACCARDO, E. F. Leaf area estimation of radish from simple linear measurements. **Advances in Horticultural Science**, v. 19, p. 213 - 215, 2005. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/42883408>.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. Growth and the problems of morphogenesis. In Plant physiology. **Wadsworth Publishing Company**, p. 407 - 424, 1969.

SANTOS, L. S. Qualidade de Morangos produzidos sob sistemas convencional e orgânico no Vale do Ipojuca – PE. **Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba**, p. 6, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/653>.

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

SILVA, N. F.; FERREIRA, F. A.; FONTES, P. R. C.; CARDOSO, A. A. Modelos para estimar a área foliar de abóbora por meio de medidas lineares. **Revista Ceres**, v. 259, p. 287 - 291, 2015. Disponível em: <https://locus.ufv.br/handle/123456789/20767>.

SYVERTSEN J. P.; GONI, C.; OTERO, A. Fruit load and canopy shading affect leaf characteristics and net gas exchange of ‘Spring’ navel orange trees. **Tree Physiol**, v. 13, p. 899 - 906, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/treephys/23.13.899>.

STRAND, L. L. Strawberry growth and development. In: FLINT, M. L. (Ed). Integrated pest management for strawberries. **Publication 3351**, 1994. Disponível em: ISBN-13: 978-1-60107-489-8.



STRECK, N. A.; MICHELON, M.; ROSA, H. T.; WALTER, L. C.; BOSCO, L. C.; PAULA, G. M.; CÂMARA, C.; SAMBORANHA, F. K.; MARCOLIN, E.; LOPES, S. J. Filocrono de genótipos de arroz irrigado em função de época de semeadura. **Ciência Rural**, v. 37, n. 2, p. 323 - 329, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782007000200005>.

STRECK, N. A. Estimativa do filocrono em cultivares de trigo de primavera. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 13, p. 423 - 429, 2005a.

STRECK, N. A. et al. Estimativa do plastocrono em meloeiro (*Cucumis melo L.*) cultivado em estufa plástica em diferentes épocas do ano. **Ciência Rural**, v. 35, n. 6, p. 1275 - 1280, 2005b. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782005000600008>.

STRECK, N. A.; BELLÉ, R. A.; ROCHA, E. K.; SCHUH, M. Estimativa de aparência foliar e filocrono em cártamo (*Carthamus tinctorius L.*). **Ciência Rural**, v. 35, p. 1448 - 1450, 2005c. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782005000600036>.

STRECK, N. A. et al. Incorporating a chronology response into the prediction of leaf appearance rate in winter wheat. **Annals of Botany**, v. 92, p.181 - 190, 2003a. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/aob/mcg121>.

STRECK, N. A. et al. Improving predictions of developmental stages in winter wheat: a modified Wang and Engel model. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 115, n. 3 - 4, p. 139 - 150, 2003b. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0168-1923\(02\)00228-9](https://doi.org/10.1016/S0168-1923(02)00228-9).

STRECK, N. A. Uma função de resposta de temperatura do ar não linear generalizada para taxa de aparecimento de nós em melão (*Cucumis melo L.*). **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 10, n. 1, p. 105 - 111, 2002.

TAZZO, I. F.; FAGHERAZZI, A. F.; LERIN, S.; KRETZSCHMAR, A. A.; RUFATO, L.; Exigência térmica de duas seleções e quatro cultivares de morangueiro cultivado no planalto catarinense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 3, p. 550 - 558, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0100-2945-097/14>.

TSIALTAS, J. T.; MASLARIS, N. Estimativa da área foliar em uma cultivar de beterraba por modelos lineares. **Fotossíntese**, v. 43, p. 477 - 479, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11099-005-0077-z>.

VIGNOLO, G. K. et al. Origem e botânica. Morangueiro, **Embrapa**, v. 1, n. 589, p. 35 - 46, 2016.

WALTER, L. C.; ROSA, H. T.; SILVA, M. R.; LANGER, J. A.; STRECK, N. A. Filocrono de dois clones de morangueiro em diferentes datas de plantio em Santa Maria, RS. **XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**. GranDarrell Minas Hotel, Eventos e Convenções, Belo Horizonte, MG, 2009.

WEIR, A. H. et al. A winter wheat crop simulation model without water or nutrients limitations. **Journal of Agricultural Science**, v. 102, n. 2, p. 371 - 382, 1984. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/s0021859600042702>.

WILLIAMS, L. E. Crescimento de videiras Thompson Seedless. Desenvolvimento da área

foliar e distribuição do peso seco. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 112, p. 325 - 330, 1987. Disponível em: <https://doi.org/10.21273/JASHS.112.2.330>.

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>.

XIANGNAN XU; HERNÁNDEZ, R. The Effect of Light Intensity on Vegetative Propagation Efficacy, Growth, and Morphology of “Albion” Strawberry Plants in a Precision Indoor Propagation System. **Applied Sciences**, v. 10, p. 1044, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/app10031044>.

XIAONAN SHI; HERNANDEZ, R.; HOFFMANN, M. Timing of Stolon Removal Alters Daughter Plant Production and Quality in the Ever-bearing Strawberry Albion. **HortScience**, v. 56 n. 6, p. 650 - 656, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI15624-20>.

XUE, Q.; WEISS A.; BAENZIGER P. S. Predicting leaf appearance in field-grown winter wheat: evaluating linear and non-linear models. **Ecological Modeling**, v. 175, p. 261 - 270, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2003.10.018>.

YUN, T.; AN, F.; LI, W.; SUN, Y.; CAO, L.; XUE, L. A Novel Approach for Retrieving Tree Leaf Area from Ground-Based LiDAR. **Sensor Remoto** v. 8, p. 942, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/rs8110942>.

ZANATTA, M. G. Análise de viabilidade econômica na produção de morango (*Fragaria x ananassa* Duch.) semi-hidropônico em São João do Sul - Santa Catarina. **Universidade Federal de Santa Catarina - Trabalho de Conclusão de Curso (Departamento de Agronomia)**, p. 19, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/159898>.

ZEBROWSKA, J. Influence of pollination modes on yield components in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). **Plant Breeding**, v. 17, p. 255 - 260, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.1998.tb01935.x>.

ZEIST, A. R.; RESENDE, J. T. V.; LIMA FILHO, R. B.; GABRIEL, A.; HENSCHER, J. M.; SILVA, I. F. L. Fenologia e componentes agrônômicos de primeira e morango de segundo ciclo. **Horticultura Brasileira**, v. 37, p. 029 - 034, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620190104>.