



DANIELE BATISTA CAMPELO

**CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE
MORANGUEIRO (*Fragaria x ananassa* Duch.)
IMPORTADAS, NACIONAIS VERNALIZADAS E NÃO
VERNALIZADAS**

**LAVRAS- MG
2023**

DANIELE BATISTA CAMPELO

**CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE MORANGUEIRO
(*Fragaria x ananassa* Duch.) IMPORTADAS, NACIONAIS VERNALIZADAS E NÃO
VERNALIZADAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Profa. Dra. Luciane Vilela Resende
Orientadora

Prof. Dr. Adão Felipe dos Santos
Coorientador

**LAVRAS – MG
2023**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Campelo, Daniele Batista.

Crescimento e desenvolvimento de mudas de morangueiro
(*Fragaria x ananassa Duch.*) importadas, nacionais
vernalizadas e não vernalizadas / Daniele Batista Campelo. - 2023.
40 p.

Orientador(a): Luciane Vilela Resende.

Coorientador(a): Adão Felipe dos Santos.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2023.

Bibliografia.

1. Vernalização. 2. Floração de morangueiros. 3. Horas de frio.
4. Ecofisiologia. 5. Fotoperíodo. I. Resende, Luciane Vilela. II. dos


DANIELE BATISTA CAMPELO

**CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE MORANGUEIRO
(*Fragaria x ananassa* Duch.) IMPORTADAS, NACIONAIS VERNALIZADAS E NÃO
VERNALIZADAS**

**GROWTH AND DEVELOPMENT OF STRAWBERRY SEEDLINGS (*Fragaria x
ananassa* Duch.) IMPORTED, NATIONAL VERNALIZED AND NON-VERNALIZED**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 18 de julho de 2023.
Dra. Márcia Regina da Costa UFVJM
Dr. Luis Felipe Lima e Silva UFLA

Documento assinado digitalmente
 LUCIANE VILELA RESENDE
Data: 02/10/2023 09:39:47-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Luciane Vilela Resende
Orientadora

Prof. Dr. Adão Felipe dos Santos
Coorientador

**LAVRAS – MG
2023**

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha sincera gratidão a todas as pessoas que contribuíram para a realização desta dissertação.

Em primeiro lugar, sou imensamente grata a minha orientadora Luciane Vilela Resende, pelo apoio contínuo, orientação valiosa e incansável dedicação ao longo deste processo. Sua expertise e visão crítica foram fundamentais para moldar esta pesquisa.

Agradeço também ao professor coorientador Adão Felipe dos Santos, pelo apoio e conhecimento compartilhado.

Agradeço aos e membros da banca examinadora, por dedicarem seu tempo e expertise na avaliação deste trabalho. Suas contribuições enriqueceram significativamente a qualidade desta dissertação.

Aos meus colegas e amigos, sou grato pelo apoio mútuo e pelos momentos de troca de conhecimento ao longo desse período.

Não posso deixar de agradecer a Universidade Federal de Lavras, ao programa de pós graduação em fitotecnia, ao CNPq, FAPEMIG e CAPES, que viabilizaram este estudo, seja por meio de bolsas de estudo, recursos financeiros e infraestrutura. A empresa Vallagro pela concessão de insumos. Suas contribuições foram fundamental para que eu pudesse realizar essa pesquisa.

Agradeço também à minha família e amigos, pelo constante apoio, incentivo e compreensão ao longo dessa jornada.

Por fim, expresso minha profunda gratidão a todos os participantes desta pesquisa, cuja colaboração e disposição em compartilhar seus conhecimentos e experiências foram de suma importância para o desenvolvimento deste estudo.

Gostaria de expressar um agradecimento especial aos integrantes do Setor de Olericultura da UFLA: Stefany, Marcelo, Paula, Daniela, Jandeilson, Jussara, Natalie, Fabiana e Rayane.

A todos vocês, meu mais sincero agradecimento. Esta dissertação não teria sido possível sem o apoio de cada um de vocês. Sou verdadeiramente grata por fazerem parte da minha jornada acadêmica.

Muito obrigada!

RESUMO

O morango, cientificamente conhecido como *Fragaria x ananassa* Duch, é uma fruta vermelha amplamente apreciada devido ao seu sabor doce e aroma irresistível e possui um alto valor comercial. É visto que a produção de morangos no Brasil encontra-se desafiada por vários fatores limitantes que dificultam o aumento da produção nacional. Um dos principais obstáculos enfrentados é a dependência de mudas importadas, aumentando o custo de produção. Com isso, se torna necessário aumentar a qualidade das mudas nacionais, reduzindo o custo de produção dos produtores de morango. Desta forma, este trabalho teve como objetivo reduzir a dependência de mudas importadas e investigar os efeitos da vernalização na fisiologia do desenvolvimento e na produção da cultivar San Andreas, em comparação com as mudas importadas. O experimento foi conduzido no setor de Olericultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), situada no município de Lavras – MG. Foram utilizadas mudas importadas, mudas nacionais vernalizadas e mudas nacionais não vernalizadas. Parte das mudas nacionais passaram pelo processo de vernalização na câmara BOD instalada no setor de Olericultura, a outra parte das mudas nacionais que não foram vernalizadas, foram mantidas em ambiente fresco até o dia da instalação do experimento (transplante). Após 35 dias de vernalização das mudas nacionais, foi realizado o transplante dos três tratamentos: 35 mudas nacionais vernalizadas; 35 mudas nacionais não vernalizadas; e 35 mudas importadas. O experimento foi realizado em um ambiente protegido, utilizando o delineamento em blocos casualizados (DBC). Cada calha foi considerada como um bloco experimental, contendo todos os tratamentos. O experimento foi conduzido no sistema semi-hidropônico. Como manejo, foram realizadas podas de coroas uma vez ao mês nos morangueiros, afim de manter a limpeza e o bom desenvolvimento das plantas, mantendo-se de 2 a 3 coroas por planta. As avaliações foram conduzidas semanalmente ao longo de um período de cinco meses, totalizando 20 avaliações. Foram avaliados: altura e diâmetro dos morangueiros; índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI); clorofila a, b e total; índice de área foliar (IAF); temperatura e umidade do ar; e produção de frutos. Os dados foram submetidos a uma análise de variância, utilizando o teste F ($p \leq 0,05$) e as médias foram comparadas usando o teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Além disso, foram realizadas análises de correlações com todos os dados utilizando o pacote ggcorrplot, e o software JMP PRO 14, por fim, a análise de componentes principais (PCA). Como resultado, foi observado que as mudas importadas tiveram um crescimento maior (altura e diâmetro) que os demais tratamentos, porém, com relação ao NDVI e ao IAF, pode-se observar que as mudas nacionais vernalizadas e as mudas importadas tiveram o mesmo comportamento, não diferindo estatisticamente entre si. Para as variáveis relacionadas à produção, não se observou nas condições desse ensaio o efeito da vernalização, já que as mudas não vernalizadas foram mais produtivas. Contudo, é notado uma correlação entre as variáveis analisadas e uma semelhança de comportamento entre as cultivares importadas e nacionais vernalizadas.

Palavras-chave: Vernalização. Floração de morangueiros. Horas de frio. Ecofisiologia. Fotoperíodo.

ABSTRACT

Strawberry, scientifically known as *Fragaria x ananassa* Duch, is a red fruit widely appreciated due to its sweet flavor and irresistible aroma and has a high commercial value. It is seen that strawberry production in Brazil is challenged by several limiting factors that make it difficult to increase national production. One of the main obstacles faced is the dependence on imported seedlings, increasing the cost of production. Therefore, it becomes necessary to increase the quality of national seedlings, reducing the production cost of strawberry producers. Therefore, this work aimed to reduce dependence on imported seedlings and investigate the effects of vernalization on the developmental physiology and production of the San Andreas cultivar, in comparison with imported seedlings. The experiment was conducted in the Olericulture sector of the Department of Agriculture of the Federal University of Lavras (UFLA), located in the municipality of Lavras – MG. Imported seedlings, national vernalized seedlings and national non-vernalized seedlings were used. Part of the national seedlings went through the vernalization process in the BOD camera installed in the Olericulture sector, the other part of the national seedlings that were not vernalized were kept in a cool environment until the day of the experiment installation (transplanting). After 35 days of vernalization of the national seedlings, the three treatments were transplanted: 35 vernalized national seedlings; 35 non-vernalized national seedlings; and 35 imported seedlings. The experiment was carried out in a protected environment, using a randomized block design (DBC). Each trough was considered as an experimental block, containing all treatments. The experiment was conducted in the semi-hydroponic system. As management, crown pruning was carried out once a month on the strawberry plants, in order to maintain the cleanliness and good development of the plants, maintaining 2 to 3 crowns per plant. Assessments were conducted weekly over a period of five months, totaling 20 assessments. The following were evaluated: height and diameter of strawberry plants; Normalized Difference Vegetation Index (NDVI); chlorophyll a, b and total; leaf area index (LAI); air temperature and humidity; and fruit production. The data were subjected to an analysis of variance using the F test ($p \leq 0.05$) and means were compared using the Tukey test ($p \leq 0.05$). In addition, correlation analyzes were carried out with all data using the ggcorrplot package, and the JMP PRO 14 software, finally, principal component analysis (PCA). As a result, it was observed that the imported seedlings had greater growth (height and diameter) than the other treatments, however, in relation to NDVI and IAF, it can be observed that the national vernalized seedlings and the imported seedlings had the same behavior, not statistically different from each other. For variables related to production, the effect of vernalization was not observed under the conditions of this test, since non-vernalized seedlings were more productive. However, a correlation is noted between the variables analyzed and a similarity in behavior between imported and national vernalized cultivars.

Keywords: Vernalization. Strawberry flowering. Cold hours. Ecophysiology. Photoperiod.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. REFERENCIAL TEÓRICO	9
2.1 ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DO MORANGO	9
2.1.1 <i>Produção e produtividade</i>	9
2.1.2 <i>Centro de origem e diversidade da espécie</i>	10
2.1.2 <i>Aspectos genéticos e descrição morfológica</i>	12
2.1.3 <i>Cultivar San Andreas</i>	13
2.2 PROPAGAÇÃO E CULTIVO	14
2.3 MUDAS NACIONAIS E IMPORTADAS	15
2.4 IMPORTÂNCIA FISIOLÓGICA/VERNALIZAÇÃO	15
3. MATERIAL E MÉTODOS	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5. CONCLUSÕES	33
REFERÊNCIAS	34

1. INTRODUÇÃO

O morango (*Fragaria x ananassa* Duch) é uma fruta vermelha muito apreciada, conhecida por seu sabor doce e aroma atrativo. Sua popularidade tem levado a um rápido crescimento no cultivo global, especialmente no Brasil, onde tem se expandido de forma exponencial (ANTUNES *et al.*, 2017). Essa fruta deliciosa é amplamente valorizada no mercado comercial.

O Brasil tem acompanhado essa tendência de crescimento na produção de morangos, sendo um dos países que impulsionam esse aumento. Com um clima favorável e extensas áreas propícias para o cultivo, o Brasil tem aproveitado seu potencial para se tornar um importante player nesse mercado (ANTUNES *et al.*, 2021). Ainda assim, existem desafios contínuos relacionados à produção de morangueiros (ANTUNES *et al.*, 2023).

A produção de morangos no Brasil enfrenta diversos fatores limitantes que dificultam o aumento da produção nacional. Um dos principais desafios é o uso de mudas importadas, o que causa um impacto econômico significativo na cadeia produtiva devido aos altos custos dessas mudas, que são cotadas em dólares. A aquisição de mudas importadas representa cerca de 80% do custo de produção por unidade de área. Além disso, a alta do dólar também resultou no aumento dos preços dos insumos agrícolas, como fertilizantes, produtos fitossanitários, filmes plásticos e embalagens utilizados na cultura do morango (WENDEL; IASTREMSKI, 2022).

Produtores brasileiros preferem adquirir mudas importadas por considerá-las de melhor qualidade e conseqüentemente mais produtivas do que as mudas produzidas no país. Sendo assim, uma parte significativa das mudas de morango utilizadas são importadas, especialmente do Chile e da Argentina, e são provenientes de programas de melhoramento genético de países como Estados Unidos, Espanha e Itália (FAGHERAZZI *et al.*, 2017; ZEIST; RESENDE, 2019), o que onera sobremaneira, o custo de produção da cultura.

Fatores climáticos como temperatura e fotoperíodo são altamente relevantes para a produtividade e a qualidade dos frutos de morangueiro. Segundo Diel *et al.* (2018) a interação entre fotoperíodo e temperatura determina a capacidade da cultivar de morangueiro selecionada a se adaptar a uma determinada região. O número de horas de frio que as mudas de morangueiro recebem nos viveiros está diretamente relacionada ao fator produção, sendo recomendado que os locais de produção de mudas estejam localizados em regiões de elevadas altitude e longitude, a fim de alcançar um número de horas de frio (2 a 7°C) de 380 a 700 horas (LAVÍN;

MAUREIRA, 2019). Condição esta de produção das mudas importadas e que não se verifica na produção das mudas nacionais.

Como já estão disponíveis no mercado cultivares que respondem diferentemente às condições de fotoperíodo, é necessário neste momento buscar tecnologias que possam suprir a necessidade de frio das mudas como a vernalização. Esta técnica consiste em expor as mudas a baixas temperaturas, a fim de fornecer as horas de frio necessárias, para assim haver a indução floral nas plantas de morangueiro (COSTA *et al.*, 2015).

Diante do exposto e com o intuito de melhorar a performance desta cadeia produtiva, torna-se premente a busca de tecnologias que visem a produção de mudas de maior qualidade, preocupação constante dos produtores brasileiros. A qualidade das mudas desempenha um papel fundamental na obtenção de plantas vigorosas e saudáveis, que resultam em colheitas produtivas e de qualidade. Além disso, a redução dos custos de produção é um fator crucial para garantir a viabilidade econômica do cultivo de morangos no país.

Com o intuito de diminuir a dependência de mudas importadas e expandir o cultivo para regiões mais quentes, esta pesquisa teve como propósito analisar os efeitos da vernalização na fisiologia do desenvolvimento e na produção da cultivar San Andreas, em comparação com as mudas importadas. Por meio de análises de campo, como medições de altura e diâmetro do morangueiro, índice de área foliar (IAF) utilizando o aplicativo Canopeo, valores de NDVI utilizando o Greenseeker, teores de clorofila a, b e total, bem como dados de produção. Contudo, foi possível analisar e comparar o desempenho da cultivar San Andreas nacional vernalizada, San Andreas nacional não vernalizada e San Andreas importada.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DO MORANGO

2.1.1 Produção e produtividade

Em 2021, a produção global de morangos totalizou 9.175.384 toneladas. Essa produção foi alcançada através do cultivo em uma área total de 389.665 hectares, resultando em uma produtividade média de 23,5 toneladas por hectare, de acordo com dados da FAO. No mesmo ano, no Brasil, a área de cultivo de morangos foi registrada em 5.084 hectares, o que representa uma redução de 3,69% em comparação com o ano anterior, quando foram cultivados 5.279 hectares. Essa produção brasileira se concentra nos estados de RS, SC, PR, MG e ES. Apesar

dessa queda na área cultivada, o país ainda ocupa a 14ª posição em termos de extensão de terras dedicadas ao cultivo de morangos. No entanto, em relação ao volume de produção, o Brasil cai para a 9ª posição, indicando que outros países obtiveram maiores rendimentos mesmo com áreas de cultivo menores (ANTUNES *et al.*, 2023).

Um dos principais motivos que influenciou esta queda em área cultivada de morangos, foi a pandemia mundial (COVID-19), que ocorreu nos anos de 2020 e 2021 e teve um impacto significativo na produção global, resultando em uma redução tanto na área de cultivo quanto na produção. Essa queda pode ser atribuída a diversos fatores, tais como a redução no consumo de alimentos de forma geral e a diminuição da renda das famílias. Além disso, as restrições de mobilidade e o isolamento social também afetaram a demanda por morangos e outros produtos agrícolas. Outro fator que contribuiu para a redução na produção de morangos foi a escassez de insumos agrícolas, o que resultou no aumento do preço de custo da produção. A falta de alguns materiais e recursos necessários para o cultivo adequado dos morangos impactou negativamente a produtividade e a qualidade das colheitas (ANTUNES *et al.*, 2023).

2.1.2 Centro de origem e diversidade da espécie

A literatura relata que os morangos silvestres eram consumidos desde a pré-história, com destaque para a espécie *Fragaria vesca* L., pelos povos do centro e norte da Europa. Essa hipótese surgiu devido à descoberta de sementes em sítios arqueológicos datados do período Neolítico (10.000 a 6.000 a.C.) e da Idade dos Metais (5.000 a 4.000 a.C.). Esses registros arqueológicos indicam que os morangos silvestres eram apreciados e coletados pelos povos antigos. Além disso, há evidências históricas que indicam que os romanos já cultivavam a espécie *F. vesca*, conhecida como morango albino, no primeiro século. Esses morangos eram valorizados pelos romanos devido às suas características únicas. Além do seu uso culinário, há relatos de que no século XIII as folhas dos morangos albino já eram utilizadas para fins medicinais. (GALLETA; BRINGHURST, 1990; VIGNOLO *et al.*, 2016).

Com o decorrer dos anos e avanços nos estudos, tornou-se evidente a necessidade de cruzar duas espécies de morangos: *F. virginiana* Duch, originária da América do Norte, e *F. chiloensis* Duch, originária do Sul da América do Sul. Essa junção resultou em um híbrido, onde as características desejáveis das duas espécies foram combinadas. Esse cruzamento foi realizado na Europa durante o século XVIII, resultando em frutos maiores e de melhor qualidade em comparação às espécies originais (LOPEZ *et al.*, 2012; KACZMARSKA; GAWRONSKI, 2019; ZHENG *et al.*, 2019). Através do processo de cruzamento entre as

espécies *F. virginiana* e *F. chiloensis*, foi possível obter plantas que apresentavam frutos de tamanho excepcional, além de polpa vermelha, em contraste com a polpa branca característica da espécie *F. chiloensis*. Essa combinação genética resultou em morangos mais atrativos e saborosos, que se tornaram amplamente cultivados devido às suas características superiores (JONES, 1995).

O cruzamento das espécies *F. virginiana* e *F. chiloensis* resultou na criação do híbrido *Fragaria ananassa*, que se tornou a espécie de morango amplamente cultivada e consumida (COELHO-JÚNIOR, 2016). Ele pertence à família Rosaceae e ao gênero *Fragaria* (MISRAN *et al.*, 2015).

Embora não existam registros precisos sobre o início do cultivo de morangos no Brasil, é sabido que a cultura começou a se expandir a partir da década de 1960, com o lançamento da cultivar Campinas (CASTRO, 2004). A introdução dessa cultivar representou um marco significativo no desenvolvimento da produção de morangos no país, impulsionando o setor e contribuindo para o crescimento da indústria nacional de morangos.

Atualmente, o Brasil se destaca pelo cultivo de morangos devido à sua alta produtividade. As regiões de produção estão concentradas em áreas de clima temperado e subtropical, onde as condições climáticas favoráveis contribuem para o desenvolvimento saudável das plantas. A produção de morangos no país é dividida em dois principais segmentos: o consumo *in natura* e a industrialização (OLIVEIRA; NINO; SCIVITTARO, 2005). Essa divisão permite que os morangos sejam tanto apreciados frescos, diretamente consumidos, como também utilizados na produção de alimentos processados e derivados. Os morangos destinados ao consumo *in natura* são colhidos quando maduros e comercializados frescos, atendendo à demanda dos consumidores que apreciam seu sabor doce e suculento. Esses morangos frescos são amplamente consumidos tanto na forma pura como em sobremesas, saladas de frutas, sucos e diversas preparações culinárias.

Segundo dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2022), existem atualmente cerca de 61 cultivares de morango registradas no Registro Nacional de Cultivares (RNC). Dentre essas cultivares, as principais e mais amplamente utilizadas comercialmente são a Albion, San Andreas e a cultivar Camarosa, conforme destacado por Fagherazzi *et al.* (2021).

Dentre as cultivares mencionadas, a cultivar San Andreas tem despertado um grande interesse entre os produtores de morango devido às suas características atrativas para o consumo *in natura*. Essas características incluem o tamanho dos frutos, coloração, firmeza da polpa e um equilíbrio adequado entre os sólidos solúveis totais (SST) e a acidez titulável (AT), conforme

mencionado por Ruan *et al.* (2013). O equilíbrio entre os sólidos solúveis totais (indicativos do teor de açúcares) e a acidez titulável é de fundamental importância para proporcionar um sabor equilibrado e agradável aos morangos.

2.1.2 Aspectos genéticos e descrição morfológica

O morango é um fruto octoplóide ($2n = 8x = 56$), com 7 cromossomos. Suas flores são hermafroditas, com polinização cruzada (VIGNOLO *et al.*, 2016). É uma espécie perene, porém cultivada como anual, sua altura média pode variar de 15 a 20 cm, que podem se desenvolver de modo rasteiro ou ereto, formando touceiras à medida que a planta aumenta de tamanho (RONQUE, 1998).

O caule do morangueiro possui entrenós curtos, mais conhecido como coroa, onde possui uma parte aérea e a outra parte abaixo do solo, com características cilíndricas e retorcidas, onde se desenvolvem as folhas em rosetas, a partir de seus nós. As coroas possuem tecidos vasculares, o qual possibilita que a mesma sobreviva por vários anos (VALDIVIESSO *et al.*, 2019).

Com o crescimento apical da coroa, a mesma se torna cilíndrica e posteriormente se ramifica em mais coroas, formando as coroas secundárias. Durante o crescimento do meristema apical principal da coroa, é desenvolvido uma folha e um pecíolo por nó em cada entrenó formado, e na axila de cada folha formada, é desenvolvido um gomo axilar. Para o morangueiro passar da fase vegetativa para a fase reprodutiva, é preciso ter condições ambientais favoráveis para tal transição, só assim é formado os botões florais formando as inflorescências, desta forma é determinado o crescimento dos morangueiros (VALDIVIESSO *et al.*, 2019).

Contudo, é preciso que as coroas estejam sadias para o bom desenvolvimento do morangueiro, pois nelas estão presentes carboidratos e principalmente amido, compostos de reserva energética, que está diretamente ligada ao potencial produtivo da planta (TORRES-QUEZADA *et al.*, 2015).

O sistema radicular pode alcançar em média 50 a 60 cm de profundidade, e são constantemente renovadas (PIRES *et al.*, 1999). O sistema radicular é formado por raízes longas, fasciculadas e fibrosas, que se dividem em raízes primárias e secundárias, tendo seu início na coroa (FILGUEIRA, 2003). Estudos mostram que 95% das raízes alcançam os primeiros 22 cm de comprimento, havendo poucas plantas que alcançam valores próximos a 30 cm (RONQUE, 1998).

As folhas do morangueiro são formadas a partir de um pecíolo longo, tendo três folíolos, que são dentados nas extremidades, e sua coloração varia de verde-claro a verde-escuro, podendo variar de brilhante a opaco e de piloso a glabro, variando de acordo com a espécie (QUEIROZ-VOLTAN *et al.*, 1996).

O morangueiro é capaz de formar estolões, que são estruturas flexíveis e longilíneas, formadas no período vegetativo. Os estolões crescem a partir das gemas basais das folhas, e se desenvolvem na superfície do solo, emitindo raízes e formando novas plantas. Cada nova planta terá capacidade de formar novos estolões, formando um ciclo. As plantas oriundas dos estolões são dependentes da planta mãe, necessitam de água e nutrientes, até que seu sistema radicular esteja suficientemente desenvolvido, o que ocorre no período de 10 a 15 dias após o a emissão das folhas (RONQUE, 1998; HOFFMANN; BERNARDI, 2006; GIMÉNEZ, 2008; VIGNOLO *et al.*, 2016).

No florescimento do morangueiro, ocorre a diferenciação do meristema vegetal para o floral, formando as flores completas. Na maioria das vezes as flores são hermafroditas, porém pode ocorrer de algumas cultivares terem flores unissexuais. As flores geralmente estão agrupadas em inflorescência do tipo cimera, em que, após a abertura da primeira flor, os botões laterais vão se abrindo sequencialmente, acompanhando o desenvolvimento da inflorescência, que são formadas nas gemas axilares das folhas (BRAZANTI, 1989; RONQUE, 1998; DUARTE FILHO *et al.*, 1999; VIGNOLO *et al.*, 2016).

Para a formação do fruto é preciso que ocorra a polinização, que pode ocorrer de forma entomofilia ou anemófila. A polinização é importante para que haja a fecundação dos óvulos dos vários carpelos, que posteriormente vão se desenvolver e formar um fruto composto, que é a junção do receptáculo com os aquênios, ou seja, o fruto do morango é um aquênio inserido num receptáculo hipertrofiado (VIGNOLO *et al.*, 2016; MALOGODI-BRAGA, 2018).

Pode se considerar então que os frutos verdadeiros do morango são os aquênios, também confundidos com sementes, os aquênios são formados a partir do resultado da fecundação dos óvulos, o qual provoca o engrossamento do receptáculo, formando assim o pseudofruto, também conhecido como infrutescência carnosa (VIGNOLO *et al.*, 2016).

2.1.3 Cultivar *San Andreas*

A cultivar *San Andreas* foi lançada no ano de 2009 pela Universidade da Califórnia (EUA), obtida através do cruzamento entre a cultivar *Albion* e a seleção CAL 97.86-1 (SHAW;

LARSON, 2009). A partir de então, a cultivar começou a ser procurada pelos produtores de morangos afim de realizarem seus plantios (FAGHERAZZI *et al.*, 2017).

Dentre os benefícios da cultivar, ela possui resistência a seguintes doenças: resistência mediana ao oídio (*Sphaerotheca macularis*), doença de importância secundária no Brasil, ocorrendo em condições de campo, quando o clima é seco; a antracnose (*Colletotrichum acutatum*), tida como uma das principais doenças fúngicas no Brasil, ataca o caule, estolões, folhas, flores e o fruto; a murcha de verticílio (*Verticillium dahliae*), também tida como uma das principais doenças do morangueiro no Brasil, causando murcha nas folhas velhas mais periféricas; e a podridão da coroa (*Phytophthora cactorum*), doença de ocorrência em solos pesados e propícios ao encharcamento (SHAW; LARSON, 2009; ANTUNES *et al.*, 2011).

Com relação às características físicas, a cultivar San Andreas possui frutos grandes, com formatos uniformes, cônicos e alongados, com uma boa firmeza da polpa. Possui equilíbrio com relação aos sólidos solúveis totais (SST) e acidez titulável (AT) (SST/ATT – Ratio), garantindo um bom sabor do fruto. Sua epiderme tem coloração vermelho brilhante, característica que atrai o consumidor final. Além das características físicas favoráveis, a cultivar pode ser utilizada tanto em mercado *in natura*, como em mercado de produtos processados (RUAN *et al.*, 2013).

2.2 PROPAGAÇÃO E CULTIVO

A forma mais tradicional de produzir mudas de morangos é através de estolões, formados pela planta matriz, que são enraizadas no solo ainda conectados a planta mãe. Esta é a forma mais usual de produção de mudas, mesmo havendo outras formas, que seria a produção em bandejas (PICIO *et al.*, 2013).

Segundo Dutra *et al.* (2016), na produção de mudas matrizes, é utilizado o método *in vitro*, através do cultivo dos meristemas do morangueiro, que são mantidas em jardins clonais, para posteriormente ser feito a multiplicação, seguida do enraizamento e posteriormente a aclimatação, para assim, ocorrer o transplante para o campo, onde geralmente é utilizado uma densidade de plantas de 2,5 a 4 mil matrizes por hectare.

No Brasil ainda existem poucos viveiros de morangos certificados, fazendo com que, muitos produtores produzam suas próprias mudas. Visto que, no cultivo do morangueiro, as plantas são substituídas geralmente a cada dois anos, pois, a qualidade do fruto tende a diminuir conforme a planta envelhece, tendo a qualidade das mudas mais novas um papel de importância ímpar para um bom desenvolvimento da cultura (GONÇALVES *et al.*, 2016).

Durante anos o morango foi produzido com sistemas de baixa tecnologia, implantados diretamente no solo, sem ou com o uso do mulching e de túnel baixo. É uma forma de cultivo simples com baixo custo econômico e fácil manuseio, porém, as plantas do morangueiro ficam expostas as condições climáticas adversas e a ataque de pragas e doenças (CALVETE *et al.*, 2016).

Existem vários sistemas de cultivos de morangueiro atualmente, porém, os produtores tem migrado para a produção semi-hidropônica. É um sistema que utiliza bancadas, calhas ou “slabs” (travesseiros) preenchidos com substratos, com um sistema de irrigação por gotejamento, onde é feito a fertirrigação. Este sistema é instalado em um ambiente protegido, casa de vegetação ou estufa. É um sistema com alto custo econômico inicial, porém, otimiza os custos com mão de obra e diminui os efeitos climáticos adversos nos morangueiros. Além disso, tem se um maior controle com relação a nutrição da planta, utilizando-se a fertirrigação, maximizando a produção de frutos de boa qualidade (CALVETE *et al.*, 2016).

2.3 MUDAS NACIONAIS E IMPORTADAS

As mudas de morango são um dos principais elementos do sistema de produção, tendo uma influência direta na produtividade e qualidade do produto final. De maneira geral, os produtores tendem a optar por mudas importadas, uma vez que as mudas nacionais não alcançam o padrão de certificação desejado, o que resulta em baixa produtividade em comparação com as mudas importadas (OLIVEIRA; SCIVITTARO, 2006).

A compra de mudas importadas corresponde a aproximadamente 80% dos gastos na produção por unidade de área. Adicionalmente, o aumento do valor do dólar também resultou no encarecimento dos insumos agrícolas, como fertilizantes, produtos fitossanitários, filmes plásticos e embalagens utilizados no cultivo de morangos (WENDEL; IASTREMSKI, 2022). Grande parte das cultivares plantadas no Centro-Oeste e Sul Brasileiro são importadas principalmente do Chile e da Argentina, que são oriundas de programas de melhoramento dos Estados Unidos, Espanha e Itália (FAGHERAZZI *et al.*, 2017; ZEIST; RESENDE, 2019). No Rio Grande do Sul, mais de 80% das mudas de morango utilizadas são importadas do Chile e da Argentina (OLIVEIRA; NINO; SCIVITTARO, 2005). Este é um dos fatores que onera o custo de produção para os produtores, devido ao gasto com a importação e pagamentos de royalties.

2.4 IMPORTÂNCIA FISIOLÓGICA/VERNALIZAÇÃO

A transição do estágio vegetativo para o estágio reprodutivo nos morangueiros, que é o período em que ocorre a floração, requer mudanças específicas no desenvolvimento da planta. Segundo a literatura, para induzir essa transição, é necessário regular diversos fatores ambientais, incluindo o fotoperíodo e a temperatura. (SRIKANTH; SCHMID, 2011; CHO; YOON, 2017; SU *et al.*, 2017). Segundo Diel *et al.* (2018) a interação entre fotoperíodo e temperatura determina a capacidade da cultivar de morango selecionada a se adaptar a uma determinada região.

No que diz respeito ao fotoperíodo, as cultivares de morango são classificadas em três categorias: cultivares de "dias curtos", em que a indução floral ocorre quando o fotoperíodo é menor que 12 horas; cultivares de "dias longos", em que a indução floral ocorre quando o fotoperíodo é maior que 12 horas; e cultivares de "dias neutros", que não são afetadas pelo fotoperiodismo (ANTUNES; OLIVEIRA, 2016). De acordo com pesquisadores, em algumas cultivares, a luz desempenha um papel crucial no bom desenvolvimento e na produção dos morangueiros, influenciando o crescimento da planta e a taxa fotossintética (HIDAKA *et al.*, 2013). No entanto, esses efeitos não ocorrem em cultivares de dias neutros.

A cultivar San Andreas é uma cultivar de dias neutros, criada pela Universidade da Califórnia (Davis), adaptada para a costa central e o sul da Califórnia (ANTUNES *et al.*, 2011). Logo, plantas de dias neutros (PDN) ou fotoneutras são aquelas que florescem em uma ampla faixa de variação do fotoperíodo, ou seja, independem do fotoperíodo, porém são dependentes da temperatura.

Segundo Ronque (1998), o número de horas de frio que as mudas de morango recebem nos viveiros está diretamente relacionada ao fator produção, sendo recomendado que os locais de produção de mudas estejam localizados em regiões de altitude e longitude altas, afim de alcançar um número de horas de frio (2 a 7°C) de 380 a 700 horas. Outros autores já sugerem que a cultura do morango precise de 100 a 400 horas de frio abaixo de 10°C (LAVÍN; MAUREIRA, 2019).

Este processo em que a planta é exposta a baixas temperaturas é chamada de vernalização, é o processo em que o frio acumulado tem a capacidade de estimular a floração dos morangueiros (TAIZ *et al.*, 2017). Quando este processo não ocorre naturalmente, é realizada a vernalização artificial, onde as mudas são expostas a baixas temperaturas, afim de fornecer as horas de frio necessárias, para assim haver a indução floral nas plantas de morangueiro (COSTA *et al.*, 2015). O processo pelo qual a planta é exposta a baixas temperaturas para estimular a floração dos morangueiros é conhecido como vernalização,

conforme descrito por Taiz *et al.* (2017). A vernalização ocorre quando o frio acumulado desencadeia a resposta de floração nas plantas. No entanto, quando esse processo não ocorre naturalmente, a vernalização artificial é realizada. Nesse caso, as mudas são submetidas a baixas temperaturas controladas para fornecer as horas de frio necessárias e induzir a floração nas plantas de morango, como mencionado por Costa *et al.* (2015). Essa técnica é empregada para garantir que as plantas atinjam a quantidade adequada de frio necessário para desencadear a resposta de floração e, assim, maximizar a produtividade e a qualidade dos morangos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no setor de Olericultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), situada no município de Lavras – MG, com latitude de 21° 14' 45" S, longitude 45° 59' 59" W e altitude de 918 metros, sendo o clima Cwa, conforme a classificação climática de Köppen (DANTAS *et al.*, 2007). Foram obtidas mudas da cultivar San Andreas produzidas na região de Pouso Alegre, Minas Gerais, (longitude 22° 14' 3" S, longitude 45° 55' 60" W e altitude de 832 metros) e mudas da cultivar San Andreas importadas da Espanha adquirida em Holambra, São Paulo.

Foram obtidas 200 mudas nacionais (produzidas na região de Pouso Alegre), após as mudas chegarem no setor de Olericultura da UFLA, das 200 mudas, foram selecionadas 100 mudas para serem vernalizadas.

As 100 mudas separadas para a vernalização passaram por um processo de limpeza, ao qual foram cuidadosamente lavadas para remover o excesso de substrato e, em seguida, foram imersas rapidamente em uma solução do fungicida sistêmico AMISTAR WG 235. A concentração utilizada foi de 14 g do fungicida por 100 litros de água, de acordo com as recomendações do fabricante.

Após o tratamento com o fungicida, as 100 mudas selecionadas e lavadas foram colocadas em sacos plásticos transparentes e armazenadas em uma câmara BOD a uma temperatura de 1° C, com uma variação entre 0,5° C e 1,3° C. A umidade relativa do ar foi mantida em torno de 90%. Durante o período de vernalização, que durou 35 dias, foi programado um ciclo de 12 horas de luz e 12 horas de escuridão para as mudas.

As restantes 100 mudas não vernalizadas foram mantidas em um ambiente fresco e receberam irrigação diária até o momento do transplante.

As mudas importadas foram transportadas em uma sacola plástica transparente, mantendo-as frigoconservadas, até o setor de Olericultura da UFLA. Chegando no local, essas

mudas foram armazenadas juntamente com as mudas nacionais que estavam em processo de vernalização, dentro da câmara BOD.

Após um período de 35 dias de vernalização das mudas nacionais, foi realizado o transplântio das três variedades de mudas da cultivar San Andreas. Foram transplântadas 35 mudas da cultivar San Andreas nacional vernalizada, 35 mudas da cultivar San Andreas nacional não vernalizada e 35 mudas da cultivar San Andreas importada.

Antes do transplante, todas as mudas selecionadas passaram por um processo de limpeza, durante o qual as folhas antigas foram removidas. Além disso, as mudas foram padronizadas, com um tamanho médio das raízes em torno de 7 cm, assegurando uma uniformidade no momento do plantio.

O local de transplântio consistiu em cinco calhas, cada uma com dimensões de 5,98 metros de comprimento, 20 cm de largura e 12 cm de profundidade. Essas calhas foram preenchidas com uma combinação de dois substratos: substrato vegetal (SV) e Carolina Soil (CSC), na proporção de 2:1, respectivamente, em seguida as calhas foram envoltas por mulching.

O transplântio das mudas foi realizado no dia 22 de junho de 2022, com as mudas dispostas em um espaçamento de 12 cm entre elas. O experimento foi constituído por um total de 15 parcelas, sendo cada parcela composta por 7 plantas. A disposição das parcelas foi de três parcelas por bloco, correspondendo a cada uma das calhas. Ao todo, foram transplântadas 105 mudas no experimento (mudas nacionais, mudas nacionais vernalizadas e mudas importadas).

O experimento foi realizado em um ambiente protegido, utilizando o delineamento em blocos casualizados (DBC). Cada calha foi considerada como um bloco experimental, contendo todos os tratamentos. Isso significa que cada bloco (calha) continha as três modalidades de mudas: San Andreas nacional vernalizada (SNV), San Andreas nacional não vernalizada (SN) e San Andreas importada (SI). Essa abordagem permite controlar melhor as variações entre os blocos, aumentando a confiabilidade dos resultados obtidos no experimento.

No experimento, foi adotada a técnica de fertirrigação, que consiste na aplicação dos nutrientes necessários para o crescimento vegetativo e produtivo das mudas por meio da água de irrigação. Essa técnica foi realizada três vezes ao dia, utilizando uma caixa d'água de 500 litros, levando em consideração as exigências das mudas em termos de nutrientes para o seu desenvolvimento a o substrato em capacidade de campo.

Para a fertirrigação no período de crescimento vegetativo, foram utilizados os seguintes nutrientes e suas respectivas quantidades: nitrato de cálcio (112,5g); sulfato de magnésio (90g); nitrato de potássio (75g); MAP (22,5g); Con Micros (6,25g); e ferro (5g). Durante essa fase, a

condutividade elétrica foi mantida em 1,2 mS/cm. Essa condutividade elétrica é uma medida da concentração de íons na solução nutritiva e é utilizada como referência para o controle da nutrição das plantas.

Já no período produtivo, foi adotada uma adubação específica, utilizando os seguintes nutrientes e quantidades: nitrato de potássio (25g); sulfato de potássio (50g); MKP (37,5g); sulfato de magnésio (95g); nitrato de cálcio (125g); Con Micros (6,25g); e ferro (5g). Nesse estágio, a condutividade elétrica foi mantida em 1,4 mS/cm.

A condutividade elétrica da solução nutritiva foi medida semanalmente utilizando o medidor de condutividade de bolso AKSO, modelo AK52. Essa análise regular permitiu monitorar a concentração dos nutrientes na solução e ajustar, quando necessário, a adubação para manter um ambiente adequado para o desenvolvimento das plantas. O medidor de condutividade de bolso é uma ferramenta prática e confiável para essa medição, proporcionando informações importantes para o manejo da fertirrigação.

Foram realizadas podas de coroas uma vez ao mês nos morangueiros, afim de manter a limpeza e o bom desenvolvimento das plantas, mantendo de 2 a 3 coroas por planta. A poda ajuda a remover partes danificadas, doentes ou mortas das plantas, permitindo que elas direcionem sua energia para o crescimento saudável.

As avaliações foram conduzidas semanalmente ao longo de um período de cinco meses, totalizando 20 avaliações. A primeira avaliação foi realizada no dia 16 de setembro de 2022, e a última avaliação ocorreu no dia 10 de fevereiro de 2023.

Durante esse período, foram coletados os seguintes dados: altura e diâmetro dos morangueiros; dados do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) a partir do sensor proximal portátil Greenseeker; dados da clorofila a, b e total utilizando o ClorofiLOG; dados do índice de área foliar (IAF) utilizando o aplicativo Canopeo; dados de temperatura e umidade do ar, utilizando Datalogger Simpla DT160; e dados de produção: produtividade total de frutos (PTF), produtividade total de frutos comerciais (PTFC), produtividade total de frutos não comerciais (PTFNC), número total de frutos (NTF), número de frutos comerciais (NFC), número de frutos não comerciais (NFNC), peso médio de frutos comerciais (PMFC) e peso médio de frutos não comerciais (PMFNC).

Os valores de crescimento foram coletados por meio da altura da maior folha e do diâmetro dos morangueiros. Para obter uma média representativa, foram selecionadas três plantas em cada parcela. As medidas foram realizadas utilizando uma fita métrica, e os valores foram registrados em centímetros. Essas informações permitiram acompanhar o desenvolvimento dos morangueiros ao longo do tempo e avaliar o crescimento das plantas em

cada tratamento.

Para obter os valores do NDVI, foi utilizado o sensor proximal portátil Greenseeker da marca Trimble. O NDVI é calculado com base na absorção de nitrogênio pela planta, utilizando sensores emissores de luz nas cores vermelho (RED - 650 nm) e infravermelho próximo (NIR - 770 nm) (FREEMAN *et al.*, 2007; CRAIN *et al.*, 2012).

A leitura da refletância nessas duas faixas de comprimento de onda é estimada por um microprocessador, que calcula os valores do NDVI. O NDVI é obtido pela Equação 1, proposta por Rouse *et al.* (1974):

Equação 1:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED}) \quad (1)$$

A equação anterior utiliza as informações de refletância das duas faixas espectrais para calcular o NDVI, que é um índice amplamente utilizado para avaliar a saúde e o vigor das plantas. Os valores variam de 0,00 a 0,99, valores adimensionais, onde os resultados mais altos de NDVI geralmente indicam maior atividade fotossintética e saúde das plantas, enquanto valores mais baixos podem sugerir estresse ou deficiência de nutrientes.

Foram obtidos três valores de NDVI por parcela, utilizando o aparelho posicionado a uma altura de 80 centímetros em relação aos morangueiros avaliados. Essa altura foi escolhida para garantir uma leitura representativa da vegetação, capturando as características das plantas. Os três valores de NDVI coletados por parcela permitiram calcular uma média, fornecendo uma medida mais precisa e confiável do estado vegetativo das plantas em cada tratamento. Esses dados de NDVI foram importantes para avaliar o vigor, a saúde e o crescimento das plantas ao longo do experimento.

Para a medição da clorofila a, b e total das folhas dos morangueiros, utilizou-se o equipamento ClorofiLOG, modelo CFL1030 da Falker. No experimento, foram selecionadas três plantas por parcela para realizar a leitura com o ClorofiLOG. A partir de cada planta selecionada, visualmente foram escolhidas folhas de idade mediana, buscando manter um padrão consistente para as leituras. Essa abordagem permitiu obter dados precisos e comparáveis para análise dos níveis de clorofila nas plantas de morango em cada parcela.

O ClorofiLOG, modelo CFL 1030, é um medidor eletrônico não destrutivo de clorofila utilizado para análise e monitoramento de plantas. Desenvolvido como um sensor comercial nacional, ele realiza medições utilizando três faixas de frequência de luz. Através das relações de absorção em diferentes frequências, o ClorofiLOG é capaz de determinar um Índice de

Clorofila (ICF), que leva em consideração a presença de clorofila dos tipos A e B (FALKER, 2008). Esse índice é uma medida que reflete a quantidade e a eficiência da clorofila presente nas folhas das plantas, sendo uma indicação importante do estado fisiológico e da atividade fotossintética.

Ao longo das 20 avaliações, todas essas medidas e técnicas foram empregadas para acompanhar o crescimento, a saúde e a capacidade fotossintética dos morangueiros ao longo do período de estudo. Para estimar o IAF de cada parcela, foi utilizado o aplicativo Canopeo, é uma ferramenta de fácil acesso e que pode ser baixada de graça em Smartphones. Esse aplicativo é uma ferramenta prática e confiável para determinar o IAF, que é um parâmetro importante para avaliar a capacidade fotossintética das plantas.

O aplicativo gratuito Canopeo, determina o IAF a partir de análises de imagem (PATRIGNANI; OCHSNER, 2015). Para realizar essa análise, que é tida como não destrutiva, baixou-se o aplicativo em um telefone celular e em cada parcela do morangueiro, tirou-se uma fotografia com uma altura padrão de 80 centímetros entre o celular e a parcela.

Com base nessa fotografia, o aplicativo calcula a porcentagem de cobertura verde do dossel da parcela do morangueiro. Cada parcela foi fotografada separadamente. Estudos realizados por Chung *et al.* (2017), utilizando a cultura do sorgo, mostraram que o aplicativo é eficiente na coleta de dados e o consideraram uma ferramenta de fenotipagem de alta eficiência e fácil acesso para a quantificação da biomassa das plantas.

Ao utilizar o aplicativo Canopeo, pode-se obter medidas precisas do IAF, o que nos permite avaliar o desenvolvimento e a densidade foliar dos morangueiros em cada tratamento. Essa informação é valiosa para compreender a eficiência fotossintética e a saúde das plantas, além de fornecer insights sobre o crescimento e o rendimento da cultura.

Para coleta de dados da temperatura e umidade relativa do ar, foi instalado próximo as calhas do experimento o aparelho Datalogger Simpla DT160, capaz de registrar a cada 1 hora os valores de temperatura e umidade do ar. A instalação do aparelho próximo às calhas do experimento é uma medida eficiente para coletar dados de temperatura e umidade relativa do ar de forma contínua e automatizada. O Datalogger é um dispositivo projetado para registrar dados ambientais ao longo do tempo, permitindo análises mais precisas e uma compreensão mais completa das condições do ambiente de cultivo.

As mudas de morango foram transplantadas no dia 22 de junho de 2022, e a colheita dos frutos iniciou no dia 09 de dezembro de 2022, sendo avaliado até 14 de fevereiro de 2023.

Para análise de produção, os frutos foram coletados e classificados em duas categorias: comerciais, que possuíam um peso igual ou superior a 10g, e não comerciais, que possuíam um

peso igual ou inferior a 10g. Com base nesses dados, obteve-se as seguintes métricas:

1. Produtividade total de frutos (PTF): é a quantidade total de frutos obtidos em cada tratamento, levando em consideração tanto os frutos comerciais quanto os não comerciais.
2. Produtividade total de frutos comerciais (PTFC): é a quantidade total de frutos comerciais obtidos em cada tratamento, representando os frutos que atenderam ao critério de peso mínimo de 10g.
3. Produtividade total de frutos não comerciais (PTFNC): é a quantidade total de frutos não comerciais obtidos em cada tratamento, representando os frutos que não atingiram o peso mínimo de 10g.
4. Número total de frutos (NTF): é a contagem total de todos os frutos obtidos em cada tratamento, incluindo tanto os frutos comerciais quanto os não comerciais.
5. Número de frutos comerciais (NFC): é a contagem específica dos frutos comerciais obtidos em cada tratamento.
6. Número de frutos não comerciais (NFNC): é a contagem específica dos frutos não comerciais obtidos em cada tratamento.
7. Peso médio de frutos comerciais (PMFC): é o valor médio do peso dos frutos comerciais obtidos em cada tratamento.
8. Peso médio de frutos não comerciais (PMFNC): é o valor médio do peso dos frutos não comerciais obtidos em cada tratamento.

Essas métricas nos permitem avaliar a produtividade e a qualidade dos frutos em cada tratamento, fornecendo informações valiosas sobre o desempenho da cultura de morango e o impacto das diferentes condições experimentais.

Análise estatística

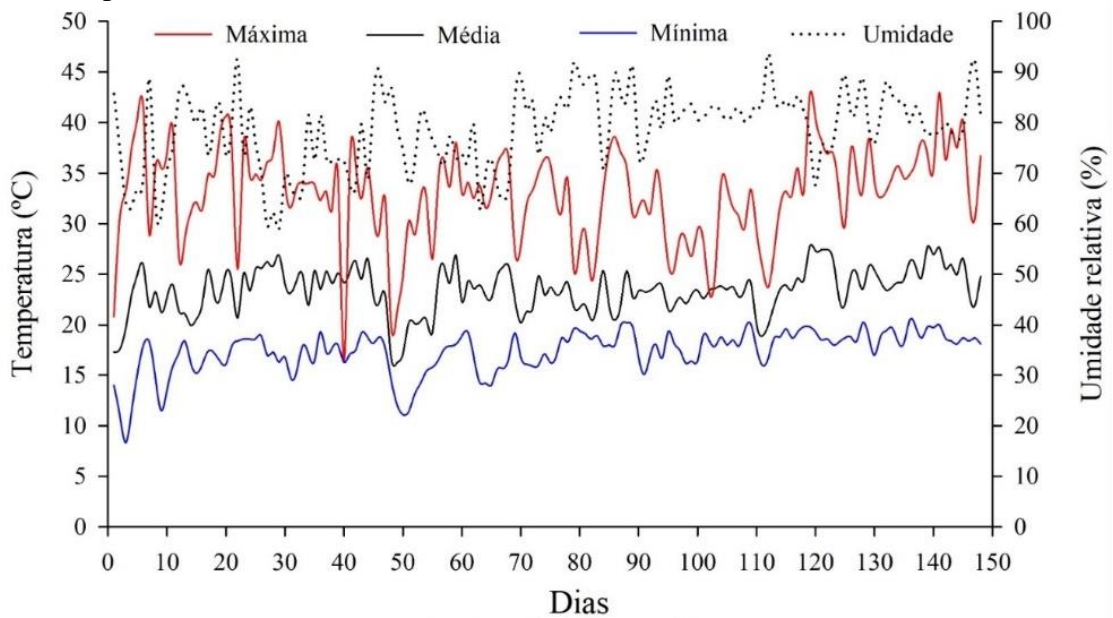
Os dados foram submetidos a uma análise de variância (ANOVA) utilizando o teste F, com um nível de significância de $p \leq 0,05$, a fim de verificar o efeito dos diferentes tratamentos. As médias foram comparadas usando o teste de Tukey, também com um nível de significância de $p \leq 0,05$. Essas análises foram realizadas na plataforma R (versão 4.2.1), utilizando o pacote ExpDes.pt (FERREIRA *et al.*, 2021) e a função `dbc`. Além disso, foi realizada uma análise de correlação de todos os dados utilizando o pacote `ggcorrplot` (KASSAMBARA, 2019) e também a correlação de Pearson ($p > 0.001$) utilizando o software JMP PRO 14 (SAS Institute Inc.). Para

avaliar o efeito dos tratamentos, foi realizada uma análise de componentes principais (PCA) utilizando o pacote factextra (KASSAMBARA *et al.*, 2017), especificamente a função `fviz_pca_biplot`.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período de avaliações, que se estendeu do dia 16 de setembro de 2022 ao dia 10 de fevereiro de 2023, a temperatura média permaneceu em níveis amenos, variando entre 17 °C e 27 °C, e no mesmo período houve uma alta umidade, com valores acima de 60% (Figura 1). A cidade de Lavras possui um clima temperado chuvoso, mesotérmico, caracterizado por condições de temperatura entre 15 °C e 18 °C. A região experimenta um verão chuvoso, com características subtropicais (DANTAS *et al.*, 2007). Logo, durante o período de avaliação de setembro a fevereiro, que abrange a estação primavera-verão, foram observadas condições típicas da região, com um clima úmido e temperaturas amenas. Essa época do ano é marcada por um aumento da umidade e temperaturas agradáveis na região de Lavras.

Figura 1 - Temperatura máxima, média e mínima em °C e Umidade relativa do ar em %, no período de 16 de setembro de 2022 a 10 de fevereiro de 2023.



Fonte: Do autor (2023).

Essas condições climáticas, com temperaturas moderadas e umidade elevada, podem ter influenciado no desenvolvimento e crescimento dos morangueiros durante as avaliações. É importante considerar esses dados climáticos ao interpretar os resultados das demais medições e análises realizadas durante esse período.

A cultivar San Andreas é uma cultivar de dias neutros, criada pela Universidade da Califórnia (Davis), adaptada para a costa central e o sul da Califórnia (ANTUNES *et al.*, 2011). Logo, plantas de dias neutros (PDN) ou fotoneutras são aquelas que florescem em uma ampla faixa de variação do fotoperíodo, ou seja, independem do fotoperíodo, porém são dependentes da temperatura.

De acordo com Vignolo (2015), as cultivares de morango de dias neutros têm a capacidade de produzir flores e frutos ao longo de todo o ano, desde que as temperaturas permaneçam abaixo de 22°C. No entanto, no período das avaliações as temperaturas não se mantiveram nessa faixa ideal. Essa alta exigência por temperaturas mais baixas sugere que temperaturas mais altas podem ter um impacto negativo na floração e frutificação dessas cultivares.

Considerando os parâmetros de crescimento, diâmetro e altura das plantas de morangueiro, verificou-se diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 1). As mudas importadas se destacaram em relação ao diâmetro (41,48 cm) e altura das plantas (26,28 cm), obtendo um crescimento mais acelerado que os demais tratamentos. Já com relação aos parâmetros IAF e NDVI foi observado o mesmo comportamento entre os tratamentos vernalizados (SNV e SI), não diferindo estatisticamente entre si.

Tabela 1 - Valores médios dos parâmetros de crescimento e desenvolvimento nas cultivares San Andreas nacional vernalizada, nacional não vernalizada e importada.

Tratamento	Diam. (cm)	Alt.(cm)	IAF (%)	NDVI
SN	28,80 c	17,56 c	38,79 b	0,76 b
SNV	37,76 b	22,12 b	56,97 a	0,84 a
SI	41,48 a	26,28 a	60,13 a	0,83 a

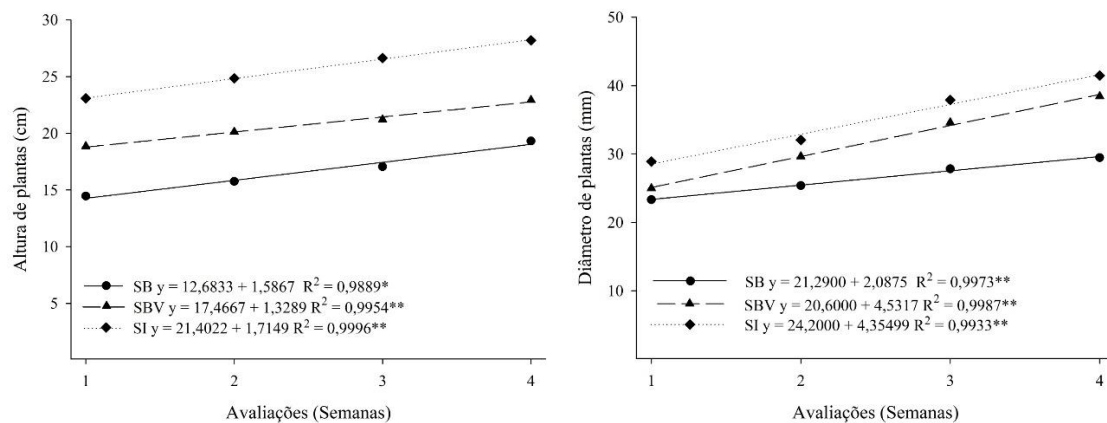
Legenda: Diâmetro (Diam.); Altura (Alt); Índice de área foliar (IAF); Índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI); San Andreas nacional (SN); San Andreas nacional vernalizada (SNV); e San Andreas importada (SI). Médias seguidas pelas mesmas letras nas mesmas colunas não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Do autor (2023).

Com relação ao diâmetro, as mudas importadas tiveram um aumento percentual de 44,03% em relação às mudas não vernalizadas. Em comparação com as mudas vernalizadas nacionais, a diferença foi relativamente menor, com apenas 9,85%, isso indica que a vernalização teve um impacto significativo no crescimento do morangueiro, mas seu efeito foi menos pronunciado quando comparado com as mudas importadas. Ao analisar a altura das mudas, observou-se um padrão semelhante aos dados do diâmetro, onde o tratamento SI

apresentou o maior valor médio (26,28 cm), enquanto o tratamento SN obteve o menor valor médio (17,56 cm). Podendo assim, observar um comportamento semelhante de crescimento entre as mudas importadas e as mudas vernalizadas nacionais como mostra o gráfico a seguir (Figura 2).

Figura 2 – Gráfico dos valores médios dos parâmetros de crescimento (altura e diâmetro) das cultivares San Andreas nacional vernalizada, nacional não vernalizada e importada.



Legenda: San Andreas nacional (SN); San Andreas nacional vernalizada (SNV); e San Andreas importada (SI).

Fonte: Do autor (2023).

Os resultados corroboram com estudos feitos por Oliveira & Scivittaro (2006), que comparou mudas importadas do Chile (vernalizadas) com mudas da região de Pelotas e da Serra Gaúcha (regiões de baixas temperaturas). No trabalho os autores argumentam que o desenvolvimento vegetativo é maior em mudas importadas do que em mudas nacionais. Este fato é explicado pela vernalização, em que as mudas vernalizadas têm um crescimento vegetativo superior às mudas não vernalizadas, ou seja, o número de horas de frio provoca uma quebra de dormência estimulando o morangueiro a investir no crescimento e no florescimento da planta, principalmente com relação ao diâmetro, visto que, o morangueiro forma touceiras, expandindo lateralmente em decorrência do seu ciclo (FRONZA *et al.*, 2017).

As mudas importadas também mostraram um percentual médio mais elevado de IAF, alcançando 60,13%. Esse valor não apresentou diferença estatística significativa em relação às mudas nacionais vernalizadas, que registraram um IAF médio de 56,97%. Esses resultados sugerem que as mudas vernalizadas, independentemente da origem, tendem a ter um comportamento semelhante em termos de desenvolvimento vegetativo. Por outro lado, as mudas não vernalizadas mostraram um padrão diferente de crescimento, com valor de IAF de

38,79%.

Os resultados das análises mostraram que os valores de IAF são influenciados pela vernalização. Este período de baixas temperaturas que as mudas passam promove o desenvolvimento das gemas florais e, conseqüentemente, o florescimento. Após o florescimento, as plantas de morango continuam a produzir novas folhas, aumentando o IAF à medida que mais folhas se desenvolvem.

Em relação a isso, um dos parâmetros usados para determinar a eficiência fotossintética de uma planta é o IAF, que representa a relação entre a área foliar e a área ocupada pela planta no solo. Este parâmetro tem por definição retratar a capacidade do dossel de uma planta em interceptar a radiação solar, produzindo biomassa a partir da fotossíntese e aumentando a capacidade produtiva da planta. A biomassa é um fator importante para a agricultura, e dependente também de outros fatores além da fotossíntese, que são os fatores fisiológicos, como, radiação solar, água e nutrientes minerais (HOFIUS; BÖRNKE, 2007; YOO *et al.*, 2020; JOHANSEN *et al.*, 2019).

Outro índice relacionado ao crescimento e desenvolvimento das mudas analisado foi o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). Para esta variável, o menor valor médio encontrado foi nas mudas nacionais não vernalizadas (0,76), comprovando o maior crescimento das SI (0,83) e SNV (0,84) que não diferenciaram estatisticamente entre si. Este resultado corrobora com as outras variáveis de crescimento, conforme já demonstrado (Tabela 1), mostrando um maior desenvolvimento vegetativo das mudas vernalizadas.

É importante ressaltar que o NDVI e o IAF são conceitos distintos, embora ambos estejam relacionados à saúde e ao desenvolvimento das plantas, incluindo a captação de luz solar. O NDVI é um indicador numérico calculado a partir de dados de reflectância, já o IAF é uma medida direta da relação entre a área foliar e a área ocupada pela planta no solo. Com isso, e com o intuito de analisar mais profundamente os parâmetros relacionados ao crescimento, foi aplicada a correlação de Pearson (Tabela 2).

Tabela 2 - Correlação de Pearson ($p > 0.001$) entre as variáveis de crescimento e desenvolvimento nas cultivares San Andreas nacional vernalizada, nacional não vernalizada e importada.

Variáveis	SN	SNV	SI
Diam e NDVI	0,67	0,61	0,71
Alt e NDVI	0,56	0,25	0,43
Alt e Diam	0,85	0,65	0,68
IAF e NDVI	0,78	0,76	0,81
IAF e Diam	0,69	0,55	0,69

IAF e Alt	0,63	0,43	0,48
Legenda: Diâmetro (Diam.); Altura (Alt); Índice de área foliar (IAF); Índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI); San Andreas nacional (SN); San Andreas nacional vernalizada (SNV); e San Andreas importada (SI). Médias seguidas pelas mesmas letras nas mesmas colunas não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.			

Fonte: Do autor (2023).

Os resultados da correlação de Pearson foram significativos para todas as variáveis analisadas ($p > 0.001$) indicando que existe relação proporcional no comportamento entre elas. Os maiores valores de correlação encontrado entre as variáveis foram para IAF e o NDVI, variando entre 0,78 para SN, 0,76 para SNV e 0,81 para SI.

Esse resultado confirma as descobertas de estudos anteriores, como o de Tucker (1979), que demonstra uma relação assintótica entre o NDVI e a biomassa. Essa relação assintótica indica que, à medida que o NDVI aumenta, a relação entre o NDVI e a biomassa se aproxima de um limite superior. Em outras palavras, à medida que a vegetação se desenvolve e a biomassa aumenta, o NDVI tende a estabilizar e mostrar um crescimento.

Trout, Johnson e Gartung (2008) observaram um comportamento semelhante em 11 culturas hortícolas. Nesse estudo, obtiveram resultados positivos quando correlacionaram a cobertura do dossel das plantas (IAF), obtido através de uma câmera multiespectral portátil e o NDVI calculado a partir de imagens de satélite Landsat 5 e mostraram que a partir do NDVI é possível inferir e monitorar a saúde da planta com relação aos fatores fisiológicos e ao seu crescimento. Galvanin *et al.* (2014) também afirma que a partir do NDVI é possível identificar mudanças no vigor vegetativo das plantas, o que permite a correlação deste índice com parâmetros como biomassa e produtividade.

De fato, os valores de NDVI são fundamentais para o acompanhamento imediato de informações relevantes para tomadas de decisões no manejo das culturas. O NDVI é uma medida quantitativa do estado e do vigor das plantas, e seu uso permite monitorar o desenvolvimento das culturas ao longo do tempo.

Porém, o uso isolado do NDVI é limitado, pois é possível que o índice atinja um ponto de saturação, no momento em que a planta alcance seu alto vigor vegetativo, ponto no qual não há variação de biomassa (MOLIN *et al.*, 2015). Logo, é visto na literatura a importância de integrar outras variáveis biométricas para se alcançar estudos mais precisos, como a altura e o diâmetro da planta.

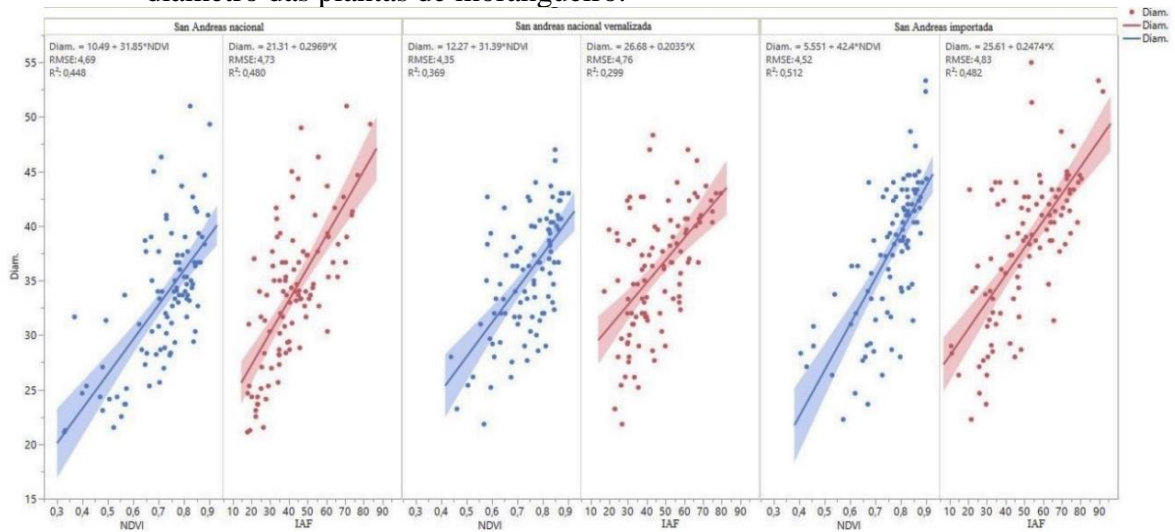
Schaefer e Lamb (2016), utilizando plantas forrageiras, aumentaram o poder de confiabilidade na predição de biomassa, utilizando os fatores NDVI e altura, onde os valores de R^2 passaram de 0,56 para 0,76. Andersson *et al.* (2017) também alcançou resultados

semelhantes, ao correlacionar valores de altura e NDVI para obter estimativas de biomassa, onde os valores de R^2 aumentaram de 0,51 para 0,64, mostrando maior confiabilidade dos dados.

Neste estudo observa-se o mesmo comportamento, visto que as correlações entre altura e NDVI e diâmetro e NDVI são positivas. No entrando, os valores de correlação entre o diâmetro das plantas e os valores de NDVI são maiores, pois o crescimento dos morangueiros é do tipo rasteiro, formando touceiras, à medida que a planta cresce (RONQUE, 1998).

Ao analisar a correlação entre as variáveis IAF e NDVI com relação ao diâmetro médio do morangueiro, observa-se um crescimento linear positivo para as duas variáveis nos três tratamentos (SN, SNV, SI) (Figura 3). Em que é formado o modelo de regressão linear simples com valores de RMSE (raiz do erro quadrático médio) variando de 4,35 a 4,83 nos três tratamentos, sendo valores consideráveis, já os valores relativamente baixos do R^2 entre todos os tratamentos podem estar vinculados a erros não amostrais ou fonte de erro sistemático.

Figura 3 - Correlação de Pearson ($p > 0.001$) entre as variáveis IAF e NDVI com relação ao diâmetro das plantas de morangueiro.



Legenda: Índice de área foliar (IAF) e Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) com relação ao Diâmetro (Diam.).

Fonte: Do autor (2023).

O modelo se ajusta bem aos dados analisados, inferindo que quanto maior os valores de NDVI e do IAF, maior será o diâmetro da planta de morangueiro, ou seja, a planta tende a ter um crescimento retilíneo. Sugerindo que a partir de valores de NDVI, obtidos através do aparelho GreenSeeker portátil, e de valores da IAF, obtido através do aplicativo Canopeo é possível fazer a predição e acompanhamento do crescimento vegetativo do morangueiro.

Outro parâmetro fundamental para se acompanhar o progresso vegetativo de uma planta

é a concentração de clorofila nas folhas (Tabela 3), o qual é comumente medido como um indicador do desenvolvimento dos cloroplastos, da atividade fotossintética, do conteúdo de nitrogênio nas folhas e da saúde geral das plantas (LING, HUANG e JARVIS, 2010).

Tabela 3 - Clorofila a (Clor.A), clorofila b (Clor.B) e clorofila total (Clor. Total) de cultivar de morangueiro San Andreas (nacional, nacional vernalizada e importada).

Tratamento	Clor. A	Clor. B	Clor. Total
SN	367,17 a	170,71 a	537,88 a
SNV	354,34 b	150,95 b	505,29 b
SI	343,22 b	141,08 c	484,30 c

Médias seguidas pelas mesmas letras nas mesmas colunas não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Do autor (2023).

Neste trabalho observa-se que a clorofila total (Clor. Total), a clorofila a (Clor. A) e a clorofila b (Clor. B) foram maiores no tratamento não vernalizados, com valores de 367,17, 170,71 e 537,88 respectivamente. Na literatura é visto que baixas temperaturas (vernalização) têm o efeito de reduzir o metabolismo e a taxa de respiração em frutos e hortaliças, além de retardar outros processos fisiológicos, bioquímicos e microbiológicos (ARRUDA, 2002; BICALHO *et al.*, 2000; BRON, 2001).

Geralmente, uma maior área foliar está associada a uma maior capacidade fotossintética, pois há mais superfície para a absorção de luz solar e realização da fotossíntese. Isso permite uma maior produção de energia e nutrientes para sustentar o crescimento vegetativo e a formação de frutos. No entanto, neste estudo, os resultados indicaram uma situação contrária. Em relação aos parâmetros de crescimento, como diâmetro e altura, os tratamentos que passaram pelo processo de vernalização apresentaram valores maiores, enquanto os tratamentos não vernalizados apresentaram valores baixos. Já com relação a clorofila, observamos o contrário, as plantas não vernalizadas tiveram maiores valores de clorofila (a, b e total). Essa observação pode ser explicada pela influência da baixa temperatura.

Nesse contexto, a baixa temperatura teve uma influência na redução da concentração de clorofila nos tratamentos SNB e SI. Isso pode ser atribuído ao fato de que, quando as mudas de morango são expostas a períodos de dias curtos e baixas temperaturas, ocorre um processo conhecido como dormência. Durante esse período, o crescimento da planta é interrompido e ocorre um acúmulo de carboidratos, que são armazenados na coroa, no pecíolo e nas raízes primárias da planta, principalmente na forma de amido (TAYLOR, 2002). Em resumo, durante a vernalização, pode ocorrer alterações fisiológicas nas plantas, incluindo mudança nos níveis de pigmentos fotossintéticos, como a clorofila. Este fato pode ser devido à diminuição da

atividade fotossintética e ao redirecionamento dos recursos para outros processos metabólicos relacionados à indução da floração.

De fato, as informações sobre a clorofila são cruciais para avaliar o estado de saúde das plantas e sua capacidade fotossintética. A clorofila é um pigmento essencial para a fotossíntese, um processo vital em que as plantas convertem a energia solar em energia química, fundamental para o crescimento e desenvolvimento das plantas.

De acordo com o estudo de Torres Netto *et al.* (2005), a avaliação indireta do teor de clorofila em folhas pode ser utilizada como uma ferramenta para diagnosticar a integridade do sistema fotossintético, especialmente quando as plantas estão expostas a condições ambientais adversas.

Com relação aos dados de produção (Tabela 4), as mudas de morango foram transplantadas no dia 22 de junho de 2022, e após 5 meses, foi iniciada a colheita dos frutos. A colheita iniciou no dia 09 de dezembro de 2022 e finalizou em fevereiro de 2023. Para as variáveis relacionadas à produção, não se observou nas condições desse ensaio o efeito da vernalização, já que as mudas não vernalizadas foram mais produtivas. A exceção foi observada no peso médio de frutos comerciais (PMFC) e peso médio de frutos não comerciais (PMFNC), onde as mudas importadas produziram frutos maiores.

Tabela 4 - Dados da produção dos frutos dos três tratamentos de morangueiro San Andreas (nacional, nacional vernalizada e internacional).

Tratamentos	PTF (g)	PTFC (g)	PTFNC (g)	NTF	NFC	NFNC	PMFC (g/fruta)	PMFNC (g/fruta)
SN	636,97 a	585,00 a	126,44 a	57 a	34 a	24 b	17,34 b	5,72 a
SNV	436,77 b	327,19 b	129,03 a	47 b	21 b	27 a	15,80 b	5,82 a
SI	439,08 b	384,53 b	77,58 b	37 c	20 b	17 c	19,18 a	6,59 a

Legenda: Produtividade total de frutos (PTF); Produtividade total de frutos comerciais (PTFC); Produtividade total de frutos não comerciais (PTFNC); Número total de frutos (NTF); Número de frutos comerciais (NFC); Número de frutos não comerciais (NFNC); Peso médio de frutos comerciais (PMFC); Peso médio de frutos não comerciais (PMFNC). Médias seguidas pelas mesmas letras nas mesmas colunas não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

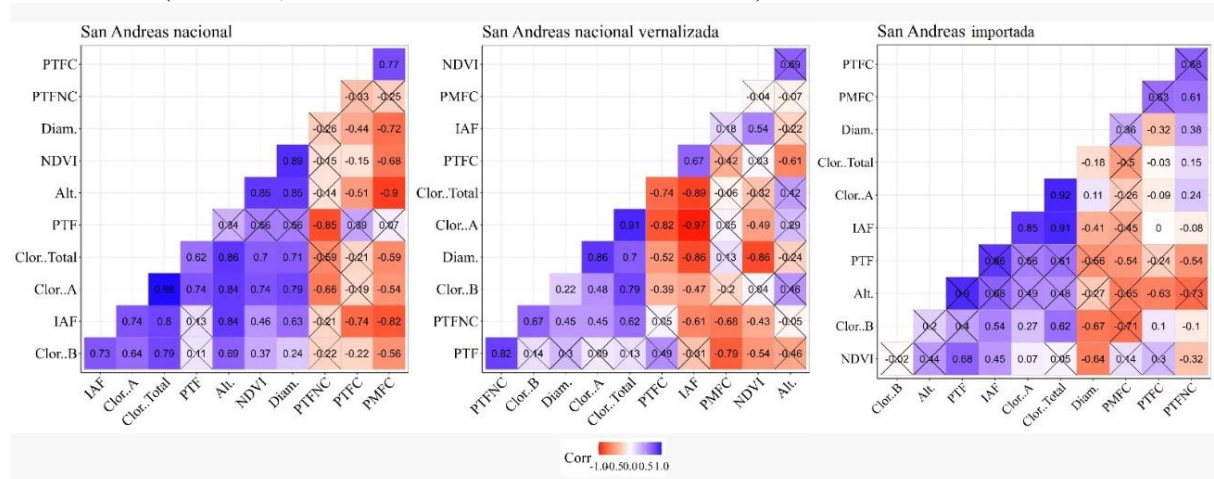
Fonte: Do autor (2023).

A baixa produção de morangos pode ter sido influenciada por fatores como temperatura e alta umidade do ar, além das podas mensais das coroas e a profundidade inadequada das calhas. Durante o período de colheita, a umidade do ar estava elevada, o que pode ter impactado negativamente a produtividade das plantas de morango. A alta umidade pode favorecer o desenvolvimento de doenças fúngicas, afetar a polinização e reduzir a qualidade dos frutos.

Além disso, as podas mensais das coroas podem ter sido realizadas de forma inadequada, afetando o equilíbrio de crescimento das plantas e comprometendo a formação de novas inflorescências. Outro fator que pode ter contribuído para a baixa produção é a profundidade das calhas utilizadas no cultivo dos morangos. A profundidade inadequada das calhas pode afetar o desenvolvimento e o enraizamento das plantas.

Para uma melhor interpretação dos dados, foi feita a correlação entre todas as variáveis estudadas (Figura 4). Foram observadas correlações significativas positivas e negativas dentro de cada tratamento. Um dos maiores valores de correlação encontrados foi entre os fatores NDVI e diâmetro (0,89), e NDVI e altura (0,85), nas mudas não vernalizadas. Já nas mudas vernalizadas nacionais foram observadas correlações negativas entre as variáveis NDVI, diâmetro e altura, o mesmo ocorre nas mudas importadas, onde há baixa correlação.

Figura 4 - Correlação entre as variáveis analisadas da cultivar de morangueiro San Andreas (nacional, nacional vernalizada e internacional).



Legenda: Peso total de frutos comercial (PTFC); Peso total de frutos não comercial (PTFNC); Peso total do fruto (PTF); Peso médio de fruto comercial (PMFC); Diâmetro (Diam.); Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI); Altura (Alt.); Clorofila total (Clor. Total); Clorofila a (Clor. A); Clorofila b (Clor. B).

Fonte: Do autor (2023).

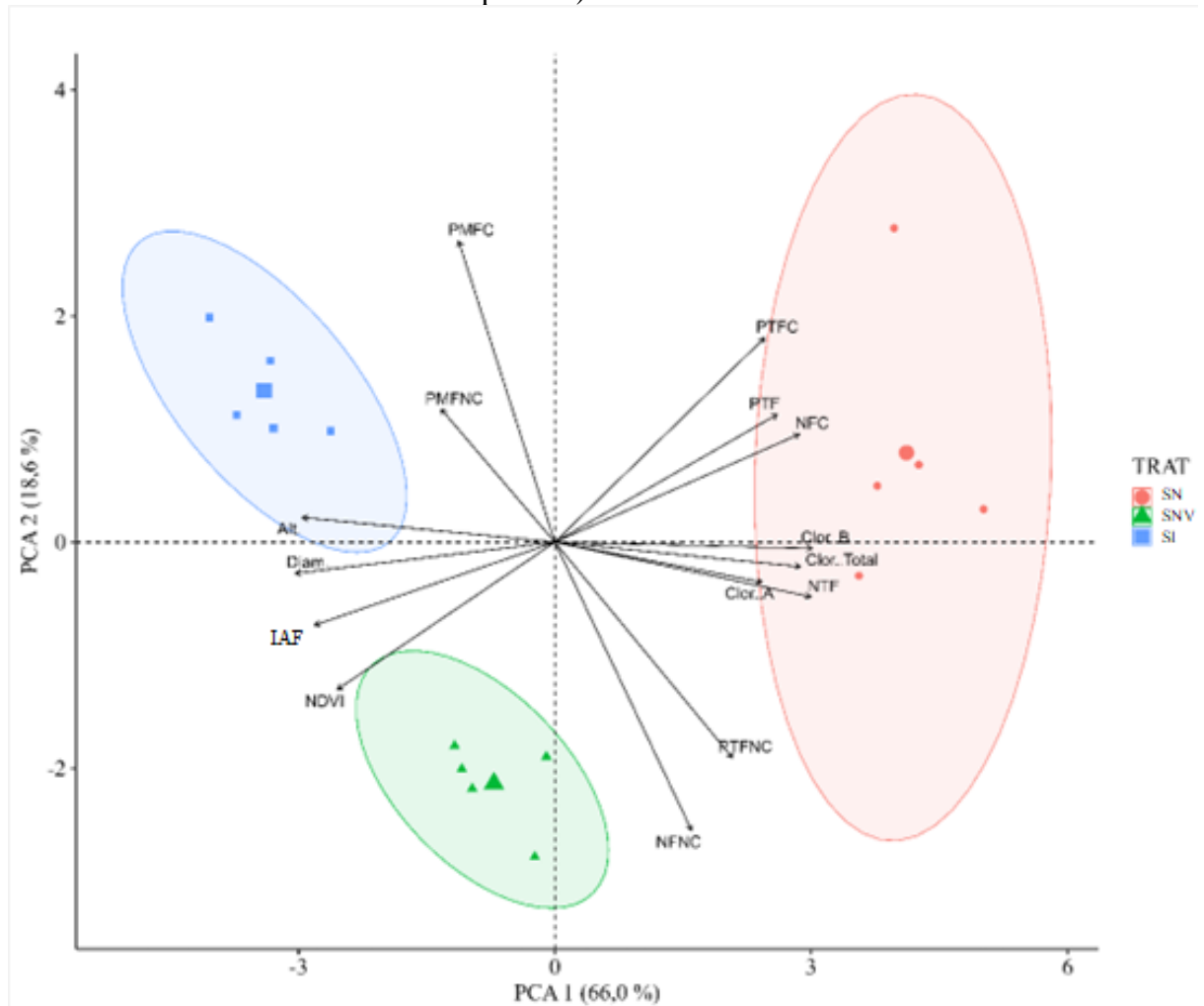
Ao analisar os três tratamentos, é possível observar que a variedade de morangueiro "San Andreas" nacional apresentou um maior número de correlações positivas em relação ao NDVI. Notavelmente, foram encontrados valores mais altos de NDVI em correlação com a altura da planta (0,85) e o diâmetro da planta (0,89). Esses resultados indicam uma associação positiva entre o NDVI e o crescimento das plantas de "San Andreas" nacional.

No entanto, nos tratamentos com as cultivares vernalizadas, não foi observado o mesmo padrão de comportamento. Entretanto, é possível notar que os dois tratamentos (mudas vernalizadas) apresentaram comportamentos semelhantes. Embora as cultivares vernalizadas

não tenham demonstrado tantas correlações positivas com o NDVI em relação à altura e diâmetro das plantas, é interessante observar que ambos os tratamentos apresentaram tendências similares. Isso sugere que a vernalização pode ter impactado de forma semelhante no crescimento e desenvolvimento das plantas nessa cultivar.

Com relação à análise de componentes principais (PCA) (Figura 5), foi possível observar a integração de todas as informações discutidas anteriormente, o que facilita a interpretação e compreensão dos padrões e tendências presentes nos dados. No caso específico do tratamento da cultivar San Andreas não vernalizado, a PCA proporcionou uma visão abrangente e simplificada das relações entre as variáveis analisadas.

Figura 5 - Representação gráfica da análise de componentes principais (PCA) relacionando as variáveis analisadas com a cultivar de morangueiro San Andreas (Nacional, nacional vernalizada e importada).



Legenda: Produtividade total de frutos (PTF); Produtividade total de frutos comerciais (PTFC); Produtividade total de frutos não comerciais (PTFNC); Número total de frutos (NTF); Número de frutos comerciais (NFC); Número de frutos não comerciais (NFNC); Peso médio de frutos comerciais (PMFC); Peso médio de frutos não comerciais (PMFNC); Diâmetro (Diam.); Índice de vegetação por diferença

normalizada (NDVI); Altura (Alt.); clorofila total (Clor. Total); Clorofila a (Clor. A); Clorofila b (Clor. B); Índice de área foliar (IAF).

Fonte: Do autor (2023).

É possível observar uma correlação positiva entre as variáveis NDVI e IAF com a cultivar nacional vernalizada San Andreas. Ou seja, os maiores valores de correlação foram encontrados nesse tratamento específico. Além disso, as variáveis de produção (PTFC, PTF, NFC e NTF) apresentaram valores mais altos quando analisadas no contexto das mudas nacionais não vernalizadas.

No caso das mudas importadas, foi constatado que a altura e o diâmetro são as variáveis que apresentam maiores valores. Isso significa que, em comparação com os outros tratamentos, as mudas importadas tiveram maior altura e diâmetro. Também foram observados valores mais altos para a produção média de frutos comerciais (PMFC) e a produção média de frutos não comerciais (PMFNC) nesse grupo. Essa análise corrobora os resultados discutidos nas correlações apresentadas na Figura 3.

5. CONCLUSÕES

Foi constatado que as mudas importadas apresentaram um crescimento acelerado em comparação com as mudas nacionais, tanto as vernalizadas quanto as não vernalizadas. No entanto, as mudas nacionais vernalizadas apresentaram um comportamento mais semelhante ao das mudas importadas em termos de crescimento.

No que diz respeito à produção, a vernalização não foi satisfatória para as mudas importadas neste experimento, uma vez que as mudas nacionais produziram mais. Isso significa que, apesar do crescimento acelerado, as mudas importadas não conseguiram alcançar um nível de produção comparável ao das mudas nacionais.

REFERÊNCIAS

- ANDERSSON, K. *et al.* Estimating pasture biomass with active optical sensors. **Advances in Animal Biosciences**, v. 8, n. 2, p. 754-757, 2017. Doi: <http://dx.doi.org/10.1017/s2040470017000838>.
- ANTUNES, L. E. C. *et al.* Morangos, os desafios da produção brasileira. **Campo & Negócios**. Anuário HF 2023.
- ANTUNES, L. E. C.; BONOW, S.; REISSER JUNIOR, C. Morango crescimento constante em área e produção. **Campo & Negócios**, Anuário HF 2021, v.37, p.88-92, 2021.
- ANTUNES, L. E. C.; CARVALHO, G. L.; SANTOS, A. M. **A cultura do morango**. 2. ed. revista e ampliada – Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, p. 52, 2011.
- ANTUNES, L.E.C.; FAGHERAZZI, A.F.; VIGNOLO, G.K. Morangos tem produção crescente. **Campo & Lavoura**, Anuário HF 2017, n.1, p. 96-102, 2017.
- ANTUNES, L.E.C.; OLIVEIRA, A.C.B. Melhoramento genético e principais cultivares. p.133-148. In: ANTUNES, L.E.C.; REISSER JUNIOR, C.; SCHWENGBER, J.E. (org). **Morangueiro**. Brasília: Embrapa, p.589, 2016.
- ARRUDA, M. C. de. **Processamento mínimo de melão rendilhado: tipo de corte, temperatura de armazenamento e atmosfera modificada**. 2002. Dissertação (Mestrado fitotecnia) – Universidade de São Paulo, São Paulo. p. 71, 2002
- BICALHO, U. de *et al.* Modificações texturais em mamões submetidos à aplicação pós-colheita de cálcio e embalagens de PVC. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 1, p. 136-146, 2000.
- BRAZANTI, E. C. **La fresa**. Madri: Mundi-Prensa, 1989.
- BRON, I. U. **Alterações anatômicas e físico-químicas associadas ao armazenamento refrigerado de pêssegos**. 2001. Dissertação: (Mestrado em Fisiologia e Bioquímica de plantas) – Universidade de São Paulo, São Paulo. p. 66, 2001.
- CALVETE, E. O. *et al.* Sistema de produção fora do solo. In: ANTUNES, L. E. C.; JÚNIOR, C. R. *et al* (Ed.). **Morangueiro**. Brasília - DF: Embrapa clima temperado, v. 1, p. 219-258, 2016.
- CASTRO, R. L. **Melhoramento genético do morangueiro: avanços no Brasil**. Em: Simpósio Nacional do Morango, 2º Encontro de Pequenas Frutas e Frutas Nativas do Mercosul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, p. 296, 2004.
- CHO, L. H.; YOON, J. A. N. G. The control of flowering time by environmental factors. **The Plant Journal**. v. 90, n. 4, p. 708-719, 11 fev. 2017. Doi: <http://dx.doi.org/10.1111/tpj.13461>.

CHUNG, Y. S. *et al.* Case study: Estimation of sorghum biomass using digital image analysis with Canopeo. **Biomass and Bioenergy**, v.105, p.207-210, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2017.06.027>.

COELHO-JÚNIOR, J. M. Strawberry cultivation in Brazil. **GEMA Journal**, v.6, n.1, p.122–130, 2016.

COSTA, A. F. *et al.* Adaptability and stability of strawberry cultivars using a mixed model. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Universidade Estadual de Maringa. v. 37, n. 4, p. 435, 1 out. 2015. Doi: <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v37i4.18251>.

CRAIN, J. *et al.* Evaluation of a reduced cost active NDVI sensor for crop nutrient management. **Journal of Sensors**, v. 2012, p.582, 2012. DOI: 10.1155/2012/582028.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, dez. 2007. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-70542007000600039>.

DIEL, M. I. *et al.* Cultivation of strawberry in substrate: Productivity and fruit quality are affected by the cultivar origin and substrates. **Ciência e Agrotecnologia**, FapUNIFESP. vol. 42, n. 3, p. 229-239, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-70542018423003518>.

DUARTE FILHO, J. *et al.* Aspectos do florescimento e técnicas empregadas objetivando a produção precoce em morangueiros. **Relatório agrícola**, v. 20, n. 198, p. 30-35, 1999.

DUTRA, L. F. *et al.* Produção de matrizes. In: Embrapa (Ed.). **Morangueiro**. Brasília-DF, cap. 4, p. 67-78, 2016.

FAGHERAZZI, A. F. *et al.* Pircinque: new strawberry cultivar for Brazilian producers. Pircinque: new strawberry cultivar for brazilian producers. **Horticultura Brasileira**. FapUNIFESP. v. 39, n. 4, p. 458-463, dez. 2021. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-0536-20210416>.

FAGHERAZZI, A. F. *et al.* Strawberry production progress in Brazil. **Acta Horticulturae**. International Society for Horticultural Science (ISHS). n. 1156, p. 937-940, abr. 2017. Doi: <http://dx.doi.org/10.17660/actahortic.2017.1156.138>.

FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA LTDA. Manual do medidor eletrônico de clorofila ClorofiLOG CFL 1030, Porto Alegre, p. 4, 2008.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS- FAOSTAT. 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em 03 mai, 2023.

FERREIRA, E.; CAVALCANTI, P.; NOGUEIRA, D. ExpDes. pt: Pacote Experimental Designs (Portuguese): **R package version 1.2.2** 2021.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: Ed. UFV, p. 402. 2003.

FREEMAN, K. W. *et al.* By-plant prediction of corn forage biomass and nitrogen uptake at various growth stages using remote sensing and plant height. **Agronomy Journal**, v.99, n.2, p.530–536, 2007. DOI: 10.2134/agronj2006.0135.

FRONZA, D.; HAMANN, J. J. **Cultivo de Moranguero Fertirrigado**. Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria, p. 268, 2017.

GALLETA, G. J.; BRINGHURST, R. S. Strawberry management. In: GALLETA, G. J.; HIMELRICK, D. G. (Ed.). **Small fruit crop management**. New Jersey: Prentice-Hall, p. 83-93, 1990.

GALVANIN, E. A. S. *et al.* Avaliação dos índices vegetativos NDVI, SR e TVI na discriminação de fitofisionomias dos ambientes do Pantanal de Cáceres/MT. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.24, n.3, p.707-715, 2014

GIMÉNEZ, G. **Seleção e propagação de clones de moranguero (Fragaria x ananassa Duch.)**. 2008. p 119. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

GONÇALVES M. A. *et al.* **Produção de morango fora do solo**. Documentos 410. Pelotas - RS: Embrapa clima temperado, 2016.

HIDAKA, K. *et al.* Investigation of Supplemental Lighting with Different Light Source for High Yield of Strawberry. **Ifac Proceedings Volumes**. Elsevier BV. v. 46, n. 4, p. 115-119, 2013. Doi: <http://dx.doi.org/10.3182/20130327-3-jp-3017.00028>.

HOFFMANN, A.; BERNARDI, J. **Produção de Morangos no Sistema Semi Hidropônico**. Bento Gonçalves, Embrapa Uva e Vinho, 2006.

HOFIUS, D.; BÖRNKE, F.A. Photosynthesis, carbohydrate metabolism and source–sink relations. **Potato Biology And Biotechnology**, p. 257-285, 2007. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/b978-044451018-1/50055-5>.

JOHANSEN, K. *et al.* Predicting biomass and yield at harvest of salt-stressed tomato plants using UAV imagery. **The International Archives Of The Photogrammetry, Remote Sensing And Spatial Information Sciences**, v. -2/13, p. 407-411, 4 jun. 2019. Doi: <http://dx.doi.org/10.5194/isprs-archives-xlii-2-w13-407-2019>.

JONES, J. K. Strawberry. In: SMARTT, J.; SIMMONDS, N. W. (Ed.). **Evolution of crop plants**. London: Longman, p. 412-417, 1995.

KACZMARSKA, E.; GAWRONSKI, J. Agronomic performance and heterosis of strawberry inbred hybrids obtained by top-cross mating system. **Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus**. Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie. v. 18, n. 1, p. 85-97, 21 fev. 2019. Doi: <http://dx.doi.org/10.24326/asphc.2019.1.9>.

KASSAMBARA, A. ggcorrplot: Visualization of a Correlation Matrix using “ggplot2”. **R package version 0.1**, v. 3, n. 3, 2019.

KASSAMBARA, A.; MUNDT, F. Package ‘factoextra’ visualize the results of multivariate data analyses. **Extract** 76, 2017.

LAVÍN, A.; MAUREIRA, M. **La frutilla Chilena de fruto blanco: Proyecto de desarrollo de las comunas pobres de la zona de secano (PRODECOP-SECANO)**. 2. ed. Cauquenes: INIA, p. 34, 2019.

LING, Q; HUANG, W; JARVIS, P. Use of a SPAD-502 meter to measure leaf chlorophyll concentration in *Arabidopsis thaliana*. **Photosynthesis Research**, v. 107, n. 2, p. 209-214, 28 dez. 2010. Doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s11120-010-9606-0>.

LOPEZ, A. M. *et al.* **Botânica no Inverno**. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo -SP. p. 202, 2012.

MALOGODI-BRAGA, K. S. **A polinização como fator de produção na cultura do morango**. Embrapa Meio Ambiente. Jaguariuna, São Paulo, 2018.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Registro Nacional de Cultivares - RNC. Disponível em: [https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementes-e-mudas/registro-nacional-de-cultivares-2013-rnc-1#:~:text=O%20Registro%20Nacional%20de%20Cultivares%20%E2%80%93%20RNC%3A&text=O%20RNC%20tem%20por%20finalidade,%2C%20oler%C3%ADcolas%2C%20ornamentais%20e%20outros](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementes-e-mudas/registro-nacional-de-cultivares-2013-rnc-1#:~:text=O%20Registro%20Nacional%20de%20Cultivares%20%E2%80%93%20RNC%3A&text=O%20RNC%20tem%20por%20finalidade,%2C%20oler%C3%ADcolas%2C%20ornamentais%20e%20outros.). Acesso em: 16 de agosto 2022.

MISRAN, A. *et al.* Composition of phenolics and volatiles in strawberry cultivars and influence of preharvest hexanal treatment on their profiles. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 95, n. 1, p. 115-126, jan. 2015. Doi: <http://dx.doi.org/10.4141/cjps-2014-245>.

MOLIN, J. P.; DO AMARAL, L. R.; COLAÇO, A. **Agricultura de precisão**. Oficina de Textos, 2015.

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

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

OLIVEIRA, R. P.; SCIVITTARO, W. B. Desempenho produtivo de mudas nacionais e importadas de morangueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 3, p. 520-522, dez. 2006. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-29452006000300040>.

PATRIGNANI, A.; OCHSNER, T.E. Canopeo: A Powerful New Tool for Measuring Fractional Green Canopy Cover. **Agronomy Journal**, v. 107, n. 6, p. 2312-2320, nov. 2015. Doi: <http://dx.doi.org/10.2134/agronj15.0150>.

PICIO, M. D. *et al.* Fruit yield of strawberry stock plants after runner tip production by different cultivars. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 3, p. 375-379, 2013. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-05362013000300006>.

PIRES, R. C. M.; PASSOS, F. A.; TANAKA, M. A. Irrigação do morangueiro. **Informe Agropecuário**, v. 20, n. 198, p. 52-58, 1999.

QUEIROZ-VOLTAN, R. B. *et al.* Caracterização botânica de cultivares de morangueiro. **Bragantia**, v. 55, n. 1, p. 29-44, 1996. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/s0006-87051996000100004>.

RONQUE, E. R. V. **A cultura do morangueiro**. Curitiba: Emater, p. 206, 1998.

ROUSE, J.W. *et al.* Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: FREDEN, S. C., MERCANTI, E.P. BECKER, M. (eds) **Third Earth Resources Technology Satellite –1 Symposium. Volume I: Technical Presentations**, NASA SP-351, NASA, Washington, D.C., p. 309-317. 1974.

RUAN, J.; LEE, Y. H.; YEOUNG, Y. R. Flowering and fruiting of day-neutral and everbearing strawberry cultivars in high elevation for summer and autumn fruit production in Korea. **Horticulture, Environment and Biotechnology**, v. 54, n. 2, p. 109-120, abr. 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s13580-013-0185-9>

SCHAEFER, M. T.; LAMB, D. A combination of plant NDVI and LiDAR measurements improve the estimation of pasture biomass in tall fescue (*Festuca arundinacea* var. Fletcher). **Remote Sensing**, v. 8, n. 2, p. 109, 1 fev. 2016. Doi: <http://dx.doi.org/10.3390/rs8020109>.

SHAW, D. V.; LARSON, K. D. Strawberry plant named ‘San Andreas’. **U.S. Patent PP19,975**, 12 de maio, 2009.

SRIKANTH, A.; SCHMID, M. Regulation of flowering time: all roads lead to rome. **Cellular And Molecular Life Sciences**, Springer Science and Business Media LLC, v. 68, n. 12, p. 2013-2037, 6 abr. 2011. Doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s00018-011-0673-y>.

SU, Y. *et al.* Phosphorylation of Histone H2A at Serine 95: a plant-specific mark involved in flowering time regulation and h2a.z deposition. **The Plant Cell**, Oxford University Press (OUP), v. 29, n. 9, p. 2197-2213, 8 ago. 2017. Doi: <http://dx.doi.org/10.1105/tpc.17.00266>.

TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre, RS: Artmed, p. 898, 2017.

TAYLOR, D. R. The physiology of flowering strawberry. **Acta Horticulturae**, v. 567, n.2, p. 245-251, 2002.

TORRES NETTO, A. *et al.* Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll a fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. **Scientia Horticulturae**, v. 104, n. 2, p. 199-209, mar. 2005. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2004.08.013>.

TORRES-QUEZADA, E. A. *et al.* Initial Crown Diameter of Strawberry Bare-root Transplants Affects Early and Total Fruit Yield. **Horttechnology**, American Society for Horticultural Science, v.25, n.2, p. 203-208, 2015. Doi: <http://dx.doi.org/10.21273/horttech.25.2.203>.

TROUT, T. J.; JOHNSON, L. F.; GARTUNG, J.. Remote Sensing of Canopy Cover in

Horticultural Crops. **Hortscience**, v. 43, n. 2, p. 333-337, abr. 2008. Doi: <http://dx.doi.org/10.21273/hortsci.43.2.333>.

TUCKER, C. J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. **Remote Sensing Of Environment**, v. 8, n. 2, p. 127-150, maio 1979. Doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0034-4257\(79\)90013-0](http://dx.doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0).

VALDIVIESSO, T. et al. Arquitetura da planta do morangueiro. **Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (Iniav)**, Dossier técnico, p 42 – 44, 2019. DOI: 10.13140/RG.2.2.36388.01926

VIGNOLO, G. K. *et al.* Origem e Botânica. In: ANTUNES, L. E. C.; JUNIOR, C. E.; SCHWENGBER, J. E. **Morangueiro**. editores técnicos. – Brasília, DF: Embrapa, p. 589, 2016.

VIGNOLO, G.K. **Produção e qualidade de morangos durante dois ciclos consecutivos em função da data de poda, tipo de filme do túnel baixo e cor do mulching plástico**. 2015. Tese (Doutorado - Programa de Pós-graduação em Agronomia), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.

WENDEL, C. H; IASTREMSKI, M. P. **Desafios na produção e melhoramento genético do morangueiro: Revisão de literatura**. Capítulo de livro publicado no livro do II Congresso Brasileiro de Produção Animal e Vegetal: “Produção Animal e Vegetal: Inovações e Atualidades – Vol. 2“. Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), 2022. **DOI:** <https://doi.org/10.53934/9786585062039-52>

YOO, C.G.; PU, Y.; RAGAUSKAS, A.J. Measuring Biomass-Derived Products in Biological Conversion and Metabolic Process. **Metabolic Pathway Engineering**, Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, p 113–124, 2020.

ZEIST, A. R.; RESENDE, J. T. V. Strawberry breeding in Brazil: current momentum and perspectives. **Horticultura Brasileira**, v. 37, n. 1, p. 7-16, mar. 2019. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-053620190101>.

ZHENG, L. *et al.* Genome-wide identification and characterization of TCP family genes associated whit flower and fruit development in fragaria vesca. **Pakistan Journal Of Botany**, v. 51, n. 2, p. 513-519, 25 out. 2019. Doi: [http://dx.doi.org/10.30848/pjb2019-2\(16\)](http://dx.doi.org/10.30848/pjb2019-2(16)).