

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Agronomia



Tese

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DE MUDAS E FRUTAS DE MORANGUEIRO NO
BRASIL E NA ITÁLIA**

Carine Cocco

Pelotas, 2014.

CARINE COCCO
Engenheira Agrônoma

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DE MUDAS E FRUTAS DE MORANGUEIRO NO
BRASIL E NA ITÁLIA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências (Área do conhecimento Fruticultura de Clima Temperado).

Orientador: Luis Eduardo Corrêa Antunes, Dr.

Pelotas, 2014.

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

C659p Cocco, Carine

Produção e qualidade de mudas e frutas de
morangueiro no Brasil e na Itália / Carine Cocco ; Luis
Eduardo Corrêa Antunes, orientador. — Pelotas, 2014.
124 f.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em
Agronomia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel,
Universidade Federal de Pelotas, 2014.

1. Fragaria x ananassa. 2. Propagação. 3. Mudas com
torrão. 4. Mudas de raízes nuas. 5. Fitoquímicos. I.
Antunes, Luis Eduardo Corrêa, orient. II. Título.

CDD : 634.75

Comissão examinadora:

Orientador

Dr. Luis Eduardo Corrêa Antunes (presidente)
Pesquisador Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Banca examinadora

Dr.^a Eunice Oliveira Calvete
Professora, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo RS.

Dr.^a Roberta Marins Nogueira Peil
Professora, UFPel - Departamento de Fitotecnia, Pelotas, RS.

Dr.^a Márcia Vizzotto
Pesquisadora, Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Dr. José Ernani Schwengber
Pesquisador, Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Dr. Luciano Picolotto
Bolsista Capes-PNPD.

*Aos meus pais, Felix e Elsa,
que sempre me incentivaram
e apoiaram. Meu muito
obrigada pela confiança, amor
e empenho para que eu
pudesse chegar até aqui.*

DEDICO

Agradecimentos

A Deus, pelo presente da vida e por tantas oportunidades recebidas nesta existência. Agradeço pela força, inspiração e coragem para enfrentar os obstáculos encontrados durante essa jornada, com os quais venho aprendendo e amadurecendo.

À minha querida família, especialmente aos meus pais Felix e Elsa, meu porto seguro e base da minha vida. Meu eterno agradecimento pelo apoio, pelo exemplo de força, coragem e de luta para concretizar os sonhos. A vocês dedico esta conquista. Aos meus irmãos Felipe, Carol e Stela, que em todos os momentos torceram e vibraram comigo. Obrigada pelo amor e apoio nesta caminhada.

Ao meu noivo Juliano Antunes de Azambuja, pessoa maravilhosa, em quem encontrei um grande apoiador e incentivador para a realização dos meus sonhos e que compartilhou comigo as alegrias e as dores durante esses quatro anos de doutorado.

Ao orientador, Luis Eduardo Corrêa Antunes, por todos os ensinamentos compartilhados, pela orientação, confiança, paciência e amizade durante todo o curso. Agradeço também pelas oportunidades que tive junto aos produtores de morango da região, as quais agregaram conhecimento e um sentido mais humano à minha formação.

Aos colegas do Grupo de Pesquisa em Pequenas Frutas: Luciano Picolotto, Ivan Pereira, Ana Paula Antunes Corrêa, Gabriela Rodríguez, Michél Gonçalves, Letícia Ferreira, Priscila Marchi, Gérson Vignolo, Daniela Hohn, Izabel Nardello, Rodrigo Martins, Fernanda Thiel e Marina Costa, pela agradável convivência e auxílio na execução do projeto e por tornar mais agradáveis e descontraídas as horas de trabalho.

Aos funcionários de campo da Embrapa Clima Temperado, especialmente ao Rudinei, grande colaborador na execução dos experimentos e excelente cheff de cozinha, que brindou o nosso grupo de pesquisa com deliciosas receitas.

Ao Anderson Marafon, que me auxiliou com as análises no laboratório de Fisiologia Vegetal da Embrapa Clima Temperado e à Fabiane e ao Renê por toda a ajuda e atenção.

Ao pesquisador Ricardo Valgas, pelo auxílio estatístico, pelas trocas de experiências e conselhos, acompanhados de um bom café.

Aos amigos queridos, Lorena Donini, Gisely Corrêa de Moura, Juliano dos Santos, Kerlley Mayer, Luciane Leitzke e Silvia Carpenedo pelos momentos compartilhados, pelas discussões científicas, pela agradável convivência, pelo apoio e incentivo.

Às queridas amigas Charlotte Wink, Ana Cristina Eisermann e Monique Grechi, com as quais compartilhei momentos de alegria, descobertas e aventuras na Europa durante o período em que estive lá.

À minha sogra, Jurema, aos cunhados Cássia e Sheron, ao Cristian e à Daiane e à minha sobrinha emprestada Manu, por terem me acolhido em sua família, pelo carinho e pelos momentos de descontração.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Clima Temperado) por disponibilizar a infraestrutura e recursos necessários para a realização de parte dos experimentos.

À Universidade Federal Pelotas e ao Programa de Pós Graduação em Agronomia, pela oportunidade de realização do curso de Doutorado em Fruticultura de Clima Temperado, pelo ensino de qualidade e pela formação adquirida durante o curso.

Ao Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura – Unità di Ricerca di Fruticoltura di Forlì (CRA-FRF), por permitir a utilização de sua estrutura e fazer parte do seu grupo de pesquisa internacionalmente reconhecido.

Ao CNPQ pelo auxílio financeiro através da concessão da bolsa de doutorado no Brasil e à CAPES pela concessão da bolsa de doutorado Sanduiche na Itália.

Ao professor Silvio Paniz, que mais do que me ensinar a língua italiana, me fez amar a Itália antes de conhecê-la. Ti ringrazio tantissimo per l'indimenticabile simpatia, per le risate fatte insieme e per gli insegnamenti trasmessi.

Desidero ringraziare il dott. Walther Faedi e dott. Gianluca Baruzzi, per l'opportunità di svolgere il mio studio nel CRA, e soprattutto per avermi accolto in maniera così speciale, per la disponibilità, insegnamenti, attenzione e per l'appoggio che mi avete dato in tutti i momenti. La mia sincera gratitudine e profondo rispetto.

Ringrazio in maniera speciale, le mie carissime amiche Sabina Magnani, Maria Lugia Maltoni, Annalisa Leone e Irene Quacquarelli, "le ragazze del lab", grazie principalmente per l'ausilio e disponibilità ad aiutarmi in tutti i momenti, anche

quando facevo dei casini. Il mio speciale riconoscimento!!! Ci vediamo presto ragazze!

Ai amici Jessica Giudice e Bartolo Raffaele, mia famiglia italiana, grazie per avermi accolto come ad una sorella, vi ringrazio anche per le lezioni di italiano, le meravigliose lezioni gastronomiche, le chiacchiere al tavolo e l'amicizia speciale. Viale Spazzoli 83 sarà sempre un bellissimo ricordo per me. Siete sempre nel mio cuore.

Il mio pensiero va anche ad alcune care persone che ho incontrato durante questo soggiorno in Italia, Daniela Giovannini, Alessandro Liverani, Federica, Moris Rivalta, Rita Beccherelli, Sandro Sirri, Giulia Faedi, Patrizia Turci, Paolo Sbrighi, Antonella, Marco Migani, Pierluigi Lucchi, Mauro Bergamaschi. Vi ringrazio per l'amicizia, affetto e sensibilità in tutti i momenti.

A tutti voi, amici in Italia, grazie tante. È stato veramente un piacere conoscervi.

À todos que contribuíram de alguma forma para que este estudo fosse realizado e concluído e a todos os que me proporcionaram, de alguma maneira, crescimento pessoal e profissional.

Meu sincero agradecimento!

“Aqueles que passam por nós, não vão sós, não nos deixam sós. Deixam um pouco de si, levam um pouco de nós.”

Antoine de Saint- Exupéry

“O coração do homem busca seu
caminho, mas o Senhor lhe dirige os
passos”.

Provérbios 16:9

Apresentação

Este trabalho foi desenvolvido na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, através do programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Pelotas e no Consiglio per la Ricerca e Sperimentazione in Agricoltura (CRA-FRF), Unità di Frutticoltura di Forlì, sob orientação do Dr. Luis Eduardo Correa Antunes e do Dr. Gianluca Baruzzi, no período de março de 2010 a fevereiro de 2014. Foram realizados estudos sobre a produção e qualidade de mudas de morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) e a qualidade de frutas provenientes de diferentes áreas de produção italianas, que estão apresentados em três capítulos, e para melhor compreensão dos temas pesquisados, o trabalho inicia com a revisão bibliográfica sobre os temas mais relevantes.

Resumo

COCCO, Carine. **Produção e qualidade de mudas e frutas de morangueiro no Brasil e na Itália.** 2014. 124f. Tese – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

O estudo teve como objetivo avaliar o crescimento, a produção e a qualidade de mudas e frutas de morangueiro, sob diferentes condições de produção. Os fatores avaliados foram: origem das mudas de raízes nuas (Argentina, Chile, Chuí e São Francisco de Paula) e volumes de alvéolos em bandejas para a produção de mudas com torrão, sendo conduzidos no município de Pelotas, RS, em área experimental pertencente a Embrapa Clima Temperado (CPACT), durante os anos de 2010 e 2011. Foi avaliada também, a influência do genótipo e do local de cultivo sobre as características físico-químicas e compostos bioativos em frutas de morangueiro produzidas nas condições edafoclimáticas italianas, durante o ano de 2012. Para isso foram realizados três experimentos: (1) influência da origem da muda no desenvolvimento da planta e produção de frutas do morangueiro; (2) crescimento, desenvolvimento e produção de frutas a partir de mudas com torrão produzidas em diferentes volumes de alvéolos em bandejas; (3) Caracterização da produção e qualidade de frutas de diferentes genótipos de morangueiro, produzidos em distintas condições edafoclimáticas italianas. Nos dois primeiros experimentos, realizados no Brasil, foram avaliados parâmetros de crescimento e desenvolvimento das mudas e de produção das plantas. No terceiro experimento foram avaliados os atributos de qualidade em frutas de morangueiro em diferentes regiões da Itália. Há necessidade de importação de mudas devido a baixa qualidade daquelas produzidas nos viveiros locais. A cultivar Camarosa é melhor alternativa de cultivo do que 'Camino Real'. Na produção de mudas com torrão, recipientes com maior volume produzem plantas com maior diâmetro da coroa e massa seca de raízes e parte aere, resultando em maior produção precoce. Na Itália, áreas de produção com clima mais frio proporcionam maior produção de frutas, no entanto em áreas com clima mais quente, obtém-se frutas com maior qualidade. A cultivar Nora é uma boa alternativa para as regiões estudadas, pois além de alta produção, apresenta elevados teores de compostos bioativos. Os genótipos CE 51, CE 56 e Nora apresentam valores superiores nos atributos de qualidade.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa*, propagação, mudas com torrão, mudas de raízes nuas, fitoquímicos.

Abstract

COCCO, Carine. **Yield and quality of strawberry transplants and fruits in Brazil and Italy**. 2014. 124f. Thesis (Doctor degree) - Programa de Pós Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

The study aimed to evaluate the growth, yield and quality of strawberry fruit under different conditions of transplants and fruits production. It was evaluated: origins of bare root (Argentina, Chile, Chuí and São Francisco de Paula) and cell volumes in trays for the plug transplants production, it was carried in Pelotas, Brazil, at Embrapa Clima Temperado (CPACT) in the years 2010 and 2011. It was also evaluated the influence of genotype and site of cultivation on bioactives compounds and physicochemical characteristics in fruits of strawberry produced at Italian climatic conditions, during the year 2012. Three experiments were conducted: (1) the influence of the transplant origin on plant development and fruit production in strawberry; (2) growth, plant development and fruit yield from plug plants produced in different cell volumes in the tray; (3) characterization of the production and fruits quality of strawberry genotypes produced in different Italian areas. In the first two experiments, the transplant growth, development and plant production were evaluated. In the third experiment, the quality attributes in strawberry fruits were evaluated. Is necessary import strawberry transplants due to poor quality of those produced in local nurseries. Camarosa cultivar is a better cultivation alternative than 'Camino Real'. In the plug plants production, larger containers volumes produce plants with larger crown diameter, root and shoot dry mass, resulting in higher early yield. In Italy, the production areas with colder climates provide greater fruit yield, however, in areas with warmer weather, get a higher fruit quality. The cultivar Nora is a good alternative for the studied regions, because despite high yield, has a high concentration of bioactive compounds. To CE 51, CE 56 and Nora genotypes had higher values in the quality attributes.

Keywords: *Fragaria x ananassa*, propagation, plug transplants, bare root plants, phytochemicals.

Lista de Figuras

CAPÍTULO 2 - EFEITO DO VOLUME ALVÉOLOS SOBRE O CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO DE MUDAS COM TORRÃO DE MORANGUEIRO.

Figura 1 - Correlação entre os parâmetros de qualidade da muda e a produção de frutas no período precoce: Diâmetro da coroa (A), massa seca da parte aérea (B) e massa seca de raízes (C) e correlação entre parâmetros vegetativos com a massa seca de raízes: Diâmetro da coroa (D), massa seca de parte aérea (E) e número de folhas (F). Significativo a 5% de probabilidade de erro. Pelotas, 2014.....89

CAPÍTULO 3 - PRODUÇÃO, QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E COMPOSTOS BIOATIVOS EM FRUTAS DE MORANGUEIRO PROVENIENTES DE DIFERENTES ÁREAS ITALIANAS.

Figura 1 - Perfil cromatográfico em 280 nm de compostos fenólicos em frutas de 'Jonica' produzidas na área de cultivo de cesena: 1-3) Flavan-3-ols (catequinas e epicatequinas); 2) Ácido hidroxí-cinâmico; 4) antocianinas; 5) Elagitaninos; 6) Flavonóis (quercetina). Pelotas, 2014.....115

Figura 2 - Perfil cromatográfico em 510 nm de compostos fenólicos em frutas de 'Nora' na área de produção de Verona: Cianidina (Cya) e Pelargonidina (Pg) respectivamente. Pelotas, 2014.....115

Lista de tabelas

CAPÍTULO 1- INFLUÊNCIA DA ORIGEM DAS MUDAS NA PRODUÇÃO DE MORANGOS.

- Tabela 1- Diâmetro da coroa e massa seca de raízes em mudas de morangueiro provenientes de diferentes locais de produção. Pelotas, 2014.....62
- Tabela 2 - Taxa de mortalidade de mudas de morangueiro 20 dias após o plantio (%) e porcentagem de plantas vivas ao final do experimento a partir de mudas com diferentes origens. Pelotas, 2014.....64
- Tabela 3 - Conteúdo de açúcares solúveis totais e amido armazenados na coroa e raízes em mudas de morangueiro com diferentes locais de propagação. Pelotas-RS, 2014.....65
- Tabela 4 - Número (NF), massa (MF) e massa média (MMF) de frutas produzidas no período precoce e total, a partir de mudas de morangueiro de diferentes cultivares e locais de propagação. Pelotas, 2014.....69

CAPÍTULO 2 - EFEITO DO VOLUME ALVÉOLOS SOBRE O CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO DE MUDAS COM TORRÃO DE MORANGUEIRO.

- Tabela 1 - Diâmetro da coroa (DC), número de folhas (NF) e massa seca de parte aérea (MSPA) em mudas de morangueiro das cultivares Aromas e Camarosa, desenvolvidas em diferentes volumes de alvéolos na bandeja. Pelotas, 2014.....83
- Tabela 2 - Massa seca de raízes (MSR) em mudas de morangueiro no plantio, número de folhas no pleno florescimento (NFPP) e número de dias desde o plantio até a primeira colheita (NDIP), em plantas de morangueiro provenientes de mudas produzidas com diferentes volumes de alvéolos na bandeja. Pelotas, 2014.....84
- Tabela 3 - Produção precoce e total de frutas de morangueiro provenientes de mudas produzidas com diferentes volumes de alvéolos na bandeja. Pelotas, 2014.....87

CAPÍTULO 3 - PRODUÇÃO, QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E COMPOSTOS BIOATIVOS EM FRUTAS DE MORANGUEIRO PROVENIENTES DE DIFERENTES ÁREAS ITALIANAS.

Tabela 1 - Características do solo e climáticas, nas diferentes áreas de produção italianas, entre setembro de 2011 e maio de 2012. Pelotas, 2014.....	96
Tabela 2 - Produção por planta, produtividade, duração do período de colheita, produção diária por planta e massa média de fruta, em genótipos de morangueiro cultivados em diferentes áreas de produção italianas. Pelotas, 2014.....	104
Tabela 3 - Firmeza da polpa (FP), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e características colorimétricas (L*, C* e Hue), em genótipos de morangueiro cultivados em diferentes áreas de produção italianas. Pelotas, 2014.....	105
Tabela 4 - Compostos bioativos: ácido ascórbico (AA), compostos fenólicos totais (CFT), antocianinas totais (AT) e atividade antioxidante total (AAT), em genótipos de morangueiro cultivados em diferentes áreas de produção italianas. Pelotas, 2014.....	108
Tabela 5 - Perfil fenólico (CLAE-DAD) em frutas de cinco genótipos de morangueiro cultivados em diferentes áreas de produção italianas. Pelotas, 2014.....	113
Tabela 6 - Correlação de Pearson entre os parâmetros de qualidade e compostos bioativos em morangos a partir de diferentes genótipos e locais de produção italianas. Pelotas, 2014.....	114

Sumário

1. Introdução.....	17
1.1 - Objetivos específicos	19
1.2 - Hipóteses	19
2. Revisão de literatura	20
2.1 – Importância econômica e produção	20
2.1.1 – O morangueiro no Brasil	20
2.1.2 – O morangueiro na Itália.....	23
2.2 – Produção de mudas	24
2.3 – Origem e descrição botânica.....	28
2.4 – Aspectos fisiológicos da planta	31
2.4.1 – Temperatura.....	32
2.4.2 – Fotoperíodo	33
2.4.3 – Interação entre temperatura e fotoperíodo	35
2.4.4 – Necessidades em frio da planta	36
2.5 – Atributos de qualidade nas frutas.....	38
2.5.1 – Características físico-químicas de frutas.....	38
2.6 – Propriedades funcionais do morango.....	41
2.6.1 – Compostos fenólicos	42
2.6.2 – Antocianinas.....	43
2.6.3 – Ácido ascórbico	44
2.7 – Referências	45
3. Capítulo 1 - Origem das mudas na produção de morangos.....	55
3.1 - Introdução	55
3.2 - Material e métodos.....	57
3.2.1 - Material vegetal e origem das mudas	58
3.2.2 - Cultivo no campo	58
3.2.3 - Avaliações.....	60
3.2.4 - Delineamento experimental e análise estatística	61
3.3 - Resultados e discussão	61
3.4 - Conclusões	72
3.5 - Referências.....	72
4. Capítulo 2 - Crescimento, desenvolvimento e produção de morangos a partir de mudas com torrão produzidas em bandejas	76
4.1 - Introdução	76
4.2 - Material e Métodos.....	78
4.2.1 - Formação das mudas	78
4.2.2 - Cultivo a campo	80
4.2.5 - Avaliações.....	81
4.2.6 - Delineamento experimental e análise estatística	82
4.3 - Resultados e discussão	82
4.4 - Conclusões	91
4.5 - Referências.....	91

5. Capítulo 3 - Produção, qualidade físico-química e compostos bioativos em frutas de morangueiro provenientes de diferentes áreas produtivas italianas	94
5.1 – Introdução	94
5.2 - Material e Métodos.....	96
5.2.1 - Locais de produção e práticas de cultivo	96
5.2.2 - Avaliação da produção e tamanho da fruta.....	98
5.2.3 - Coleta das amostras	98
5.2.4 - Firmeza da polpa e coloração da epiderme	99
5.2.5 - Sólidos solúveis e acidez titulável	99
5.2.6 - Determinação da atividade antioxidante	99
5.2.7 - Determinação de compostos fenólicos totais.....	100
5.2.8 - Determinação de antocianinas totais	101
5.2.9 - Determinação do conteúdo de ácido ascórbico	101
5.2.10 - Perfil de compostos fenólicos.....	102
5.2.11 - Análise estatística	102
5.3 - Resultados e discussão	103
5.3.1 - Características agronômicas.....	103
5.3.2 - Parâmetros de qualidade	104
5.3.3 - Propriedades antioxidantes nas frutas	106
5.3.4 - Caracterização fenólica por CLAE- DAD	110
5.4 - Conclusões	116
5.5 - Referências.....	116
6. Considerações finais	121
7. Anexos.....	123

1. Introdução

Nos últimos anos, as mudanças ocorridas no cenário econômico nacional, com o aumento do poder aquisitivo da população, aliado à rápida difusão de informações, tem provocado a busca por uma vida mais saudável, gerando um aumento no consumo de alimentos de origem vegetal, especialmente frutas e hortaliças. O aumento no consumo desses alimentos se deve à maior disponibilidade dos mesmos no mercado (redução de sazonalidade), aos preços mais acessíveis, ao seu valor nutricional e a influência positiva que exercem sobre o bem estar e a saúde humana. A mudança nos hábitos alimentares da população tem gerado uma importante demanda no campo, levando os produtores a buscar novas tecnologias e estimulando o aumento na produção mundial deste setor alimentar. Esse crescimento se traduz diretamente através da expansão da área plantada, como também na busca por maior produtividade e qualidade.

O morango (*Fragaria x ananassa*), juntamente com a framboesa, a amora-preta e o mirtilo fazem parte do grupo das espécies conhecidas como pequenas frutas vermelhas. Este grupo é bastante difundido, sendo muito apreciado no hemisfério norte, principalmente Estados Unidos (EUA) e alguns países da Europa, tais como Alemanha, França, Itália e Inglaterra, onde seu consumo é tradicional. No Brasil, o cultivo de pequenas frutas tem aumentado por conta da crescente demanda pelos consumidores, resultante da atratividade atribuída à cor e sabor, bem como os benefícios para a saúde devido à presença de compostos antioxidantes, o que justifica a busca por informações técnicas com objetivo de aumentar a produção e melhorar a qualidade deste grupo de frutas.

O morango é uma fruta muito apreciada por seu sabor, que é resultado de uma complexa mistura de numerosos compostos voláteis, açúcares e ácidos orgânicos, combinados com características como a textura. Sua elevada qualidade nutricional está intimamente correlacionada com a presença de açúcares solúveis, ácidos orgânicos, aminoácidos e alguns metabólitos secundários. O morango é rico em fitoquímicos, os quais exibem propriedades benéficas à saúde, como os antioxidantes, com destaque para os pigmentos antocianicos e flavonóides. No entanto, a qualidade das frutas está diretamente relacionada a fatores genéticos

(cultivar) e ambientais, como o tipo de solo, clima e o sistema de produção, que em conjunto, influenciam as propriedades químicas, físicas e o teor de compostos bioativos. Assim, muitos estudos têm sido conduzidos com o objetivo de identificar e avaliar os fatores pré-colheita, que influenciam a qualidade e teor de compostos bioativos no morango, principalmente em países tradicionais no cultivo e consumo da fruta, como é o caso dos Estados Unidos, Itália e Espanha.

No Brasil, a cadeia produtiva do morangueiro é considerada uma das mais significativas no setor de horticultura e apresenta importância econômica e social para os agricultores de base familiar. Nos últimos anos, a maior oferta de morangos nas gôndolas dos supermercados e em feiras livres deve-se em grande parte aos avanços ocorridos nos últimos 15 anos nos sistemas de produção. O uso de cultivares mais adaptadas às condições edafoclimáticas de cada região produtora; o uso de mudas com elevado vigor e sanidade; a melhoria nas técnicas de cultivo, como o uso de cobertura dos canteiros com mulching e o cultivo protegido com túneis baixos; sistemas de irrigação localizada por gotejo e fertirrigação foram tecnologias inseridas no sistema e que contribuíram para aumentar a eficiência produtiva, possibilitando elevar a produção para patamares superiores a um quilo por planta.

No entanto, algumas regiões produtoras enfrentam entraves, que limitam a produção e expansão da cultura. No Rio Grande do Sul, o principal problema enfrentado pelos produtores é a baixa quantidade e qualidade das mudas produzidas pelos viveiristas locais, tornando-os dependentes da importação, que acarreta atrasos no estabelecimento da lavoura e reduz a produção precoce de frutas.

A partir da publicação do 'zoneamento agroclimático para a produção de mudas de morangueiro no Rio Grande do Sul', foram indicadas as regiões com aptidão para esta atividade. Com base nisso, a avaliação das diferenças entre as mudas nacionais e as importadas é de fundamental importância, bem como a implementação de ações para melhorar a qualidade da muda brasileira, visto que para a obtenção de boas produções e frutas de qualidade, um dos pré-requisitos essenciais é a utilização de mudas vigorosas e isentas de patógenos.

A produção de mudas de morangueiro em sistema fora do solo é uma tecnologia nova no Brasil, apresentando-se como uma alternativa economicamente viável e que apresenta grandes vantagens em relação à produção no solo. Neste

sistema são produzidas as mudas com torrão, a partir do enraizamento de estolhos emitidos pelas plantas matrizes durante a fase de propagação vegetativa, em bandejas, copos ou vasos contendo substratos.

Entretanto, alguns estudos básicos são necessários para adequar este sistema de produção de mudas conforme as exigências de cada região produtora, como a definição do tamanho de alvéolo da bandeja, a avaliação de substratos, a necessidade de aplicação de frio artificial, o tempo de enraizamento, a irrigação e a nutrição mineral das mudas na bandeja, de maneira a atender as necessidades dos produtores, em quantidade, qualidade e disponibilidade para plantio na época recomendada pela pesquisa. Essa é uma questão fundamental para garantir a sustentabilidade da cadeia de produção do morango, da qual depende um grande número de famílias na escala da agricultura familiar no Brasil.

1.1 - Objetivos específicos

- 1) Avaliar a influência da origem de mudas no desenvolvimento da planta e na produção de frutas do morangueiro;
- 2) avaliar o crescimento, desenvolvimento e produção de frutas a partir de mudas com torrão produzidas em diferentes volumes de alvéolo na bandeja;
- 3) avaliar qualidade de frutas e os compostos bioativos do morangueiro a partir de diferentes cultivares e locais de produção, nas condições edafoclimáticas italianas.

1.2 - Hipóteses

- 1) A qualidade das mudas de morangueiro é influenciada pelas condições do local de propagação, com reflexos sobre a produção de frutas no campo;
- 2) Mudas produzidas em bandejas com alvéolos maiores apresentam vigor elevado no momento do plantio, resultando em maior produção precoce de frutas;
- 3) Os atributos físico-químicos e compostos bioativos em frutas de morangueiro são fortemente influenciados pelo genótipo e pelo ambiente de cultivo;

2. Revisão de literatura

2.1 – Importância econômica e produção

Em decorrência da alta produtividade e do gosto atrativo, o morangueiro é produzido e apreciado nas mais variadas regiões do mundo, sendo a espécie de maior relevância econômica dentre as pequenas frutas (ANTUNES et al., 2010). No período de 1980 a 2000 a produção mundial aumentou 83%, ultrapassando três milhões de toneladas. De 2000 a 2010 se registrou um novo aumento, superando quatro milhões de toneladas, em uma superfície de 241.000ha (FAO, 2013). Neste período observou-se também um aumento na produtividade, resultado da inovação varietal através do melhoramento genético, fornecendo cultivares mais adaptadas a cada região produtora, e também como resultado do aperfeiçoamento das técnicas de produção.

Trata-se de uma cultura de grande importância econômica e social em diversos países, sendo que os que mais se destacam são: Estados Unidos (28,2% da produção mundial), Espanha (6,5%), Turquia (6,4%), México (5,1%), Coreia (5%), Polônia (5%), Egito (5%), Japão (5%), Itália (4%) e Alemanha (4%) como os maiores produtores mundiais (FAO, 2013). Nestes dez países são produzidos quase três milhões de toneladas, equivalente a 73% da produção mundial, obtidas em 58% da superfície cultivada com o morangueiro.

A maior produtividade dessa cultura também é obtida nos Estados Unidos, com 56 t ha⁻¹, seguido do Kuwait e da Espanha com 48 e 39 t ha⁻¹, respectivamente. Segundo dados da FAO (2013), o Brasil obteve produtividade média de apenas 8 t ha⁻¹ em 2010, no entanto, sabe-se que estes dados são subestimados. Segundo Antunes e Peres (2013), a produtividade média no Brasil é em torno de 30 toneladas ha⁻¹, sendo que em algumas regiões e sistemas de produção, pode chegar a mais de 50 toneladas ha⁻¹.

Na América do Sul os maiores produtores de morango são Colômbia, Venezuela, Chile, Peru, Argentina, Brasil, Bolívia, Paraguai e Equador. A Colômbia é o maior produtor e o Brasil aparece em sexto lugar conforme dados da FAO (2013).

2.1.1 – O morangueiro no Brasil

No Brasil, a cultura do morangueiro encontra-se difundida em regiões de clima temperado e subtropical (ANTUNES et al., 2010). Estima-se que a produção brasileira seja de 105 mil toneladas em uma área de aproximadamente 4.000 hectares (FACHINELLO et al., 2011). Os principais estados produtores são Minas Gerais, Rio Grande do Sul, São Paulo e Paraná (ANTUNES e PERES, 2013) sendo quase a totalidade dessa produção proveniente do cultivo no solo. Nos últimos cinco anos tem ocorrido um incremento no cultivo do morangueiro em sistemas fora do solo, utilizando-se substratos, especialmente no Rio Grande do Sul, onde esta modalidade de cultivo vem substituindo o cultivo tradicional no solo devido a dificuldade de mão de obra para as operações culturais e aos problemas fitossanitários da cultura, quando em sistema convencional (RADIN et al., 2011).

No Rio Grande do Sul tem-se registrado crescimento na área plantada e na produção, que está concentrada na Serra Gaúcha, região do Vale do Caí e região de Pelotas. Nos últimos anos, com a introdução dos sistemas de produção fora do solo e de novas cultivares de dias neutros, a produção de morangos no Estado tem se expandido também para a Encosta Superior do Nordeste, nos Campos de Cima da Serra (RADIN et al., 2011). Com melhores tecnologias, a produtividade no estado pode chegar a 70 t ha⁻¹ (COSTA et al., 2011).

A expansão territorial na cultura do morangueiro, também pode ser atribuída à melhoria nas tecnologias de produção, disponibilidade de novas cultivares, com produção nas mais variadas condições de solo e clima, ciclo de produção uniforme, resistência às doenças e facilidade na colheita (PEREIRA et al., 2013). Além disso, programas governamentais de aquisição de alimentos tem incentivado a agricultura familiar, promovendo a sua inclusão econômica e social e favorecendo a geração de renda ao pequeno produtor rural (BORGES, 2013). Por outro lado, a preocupação do consumidor com a saúde, resultado da mudança no comportamento alimentar e no estilo de vida das pessoas, tem buscado produtos mais saudáveis e livres de defensivos agrícolas. Para isso, alguns fatores como cultivar, tipos de solo e de clima, sistema de produção (convencional, orgânico ou cultivo sem solo) (ÁVILA et al., 2012) e tratamentos pós-colheita que influenciam nas características sensoriais do morango (aroma, cor e sabor), devem ser levados em consideração (CANTILLANO et al., 2012).

A produção é praticamente toda destinada ao mercado interno. Do total de morangos produzidos no país, apenas 180 toneladas são exportadas para outros países, principalmente para a Argentina e o Chile (ANTUNES e PERES, 2013). Atualmente, existem boas oportunidades de exportações brasileiras de morango na contra estação de produção da União Europeia, principalmente nos meses de novembro e dezembro.

Uma das características mais marcantes da cultura do morangueiro no Brasil é que grande parte das propriedades apresenta área de produção de aproximadamente 0,5 a 1,0 hectare, caracterizando-se como produção familiar (PAGOT e HOFFMANN, 2003). Estima-se que 90% da produção nacional de morango é destinada para a comercialização *in natura* e o restante seja utilizado no processamento industrial (ANTUNES e REISSER JUNIOR, 2007) na forma de polpa, geleia, calda, suco reconstituído ou concentrado ou preparado da fruta, que são usados na indústria de laticínios como ingredientes para iogurtes, coalhadas, leite batido e sorvetes ou na indústria de doces (PAGOT e HOFFMANN, 2003).

As principais cultivares utilizadas na região Sul do Brasil são provenientes dos Estados Unidos, destacando-se a Oso Grande, Camarosa, Albion e Aromas (ANTUNES; PERES, 2013). Nos últimos anos, novas cultivares, lançadas pelos programas de melhoramento genético americanos, vem sendo introduzidas no Brasil e avaliadas por instituições de pesquisa e Universidades, quanto a sua adaptação às diferentes regiões e condições de produção (COCCO et al., 2011; THIEL et al., 2012; PEREIRA et al., 2013). Esta é uma etapa muito importante no processo de escolha de cultivares para o plantio comercial, pois a introdução de novos materiais, com melhor adaptação às diferentes regiões e sistemas de produção, garantem maior produtividade e qualidade, com benefícios econômicos aos agricultores (ANTUNES et al., 2010).

Na cultura do morangueiro, assim como nas demais culturas, a escolha da cultivar possui importância relevante no sucesso do cultivo, e chega a ser um fator limitante, devido principalmente, às suas exigências em fotoperíodo, número de horas de frio e temperatura, fatores estes, que variam em função do material genético (DUARTE FILHO et al., 2007). Segundo Franquéz (2008), características como tempo para florescimento e início da colheita, produção, qualidade da fruta e suscetibilidade a doenças estão entre os principais fatores que levam o produtor à escolha de uma determinada cultivar em detrimento de outra.

Nos últimos anos, o morango superou sua característica de fruta sazonal, ou seja, a safra que geralmente ocorria de agosto a dezembro, nas principais regiões produtoras, sofreu mudanças com a introdução de novas cultivares, principalmente as de dias neutros, aliada à evolução da tecnologia de manejo da cultura (ANTUNES e PERES, 2013). Como resultado disso, hoje existe oferta de morango durante todo o ano, em quase todos os estados brasileiros. Neste sentido, Pereira et al. (2013) ressaltam a necessidade de realização de trabalhos de pesquisas visando avaliar as cultivares de dias neutros, e adequar para as mesmas, as melhores épocas de transplante das mudas, de acordo com cada região produtora.

2.1.2 – O morangueiro na Itália

Na Itália, o cultivo do morangueiro apresenta-se bastante desenvolvido, com técnicas de cultivo adaptadas às condições climáticas de cada região produtora. Esta tem sido uma das culturas mais populares na Itália desde o final da década de 60. O cultivo, seja em pleno campo, ou protegido, está difundido em grande parte do território italiano, mas, sobretudo são duas as regiões nas quais a produção de frutos se concentra: a região da Campania, ao Sul, que detém a primazia produtiva, com 35% da produção nacional e a região da Emilia Romagna, com 16% da produção nacional. A área cultivada com a fruta é de aproximadamente 3.500 ha, com uma produção de aproximadamente 100.000 toneladas (FAEDI et al., 2012), semelhante àquela obtida no Brasil, sendo a região Sul responsável por 60% da produção de morangos naquele país. Aproximadamente 83% da área cultivada utiliza-se o cultivo protegido e 17% em pleno campo.

Nos últimos anos, o melhoramento genético desta cultura, aliado ao aprimoramento das técnicas de cultivo, resultaram em um amplo calendário de produção, resultado do melhor aproveitamento das características do território italiano, onde há grande variação climática do Norte ao Sul, sendo ideal para a diversificação da produção do morangueiro (D'ANNA et al., 2011; BARUZZI et al., 2012). Em razão das diferenças climáticas, práticas de manejo e cultivares utilizadas, é possível a produção de frutas durante todo o ano no território italiano.

Em relação às cultivares, atualmente cerca de 30 cultivares nacionais e de programas de melhoramento de outros países compõem o stand varietal cultivado (FAEDI et al., 2012). Nos últimos anos, o crescente interesse dos consumidores por

frutas com melhores atributos de qualidade e propriedades funcionais foi o elemento determinante para a busca por cultivares que contenham maiores teores de compostos bioativos nas frutas, em todos os programas de melhoramento genético italianos e na Europa, de maneira geral.

2.2 – Produção de mudas

O morangueiro propaga-se via sexuada e assexuada. A propagação sexuada se dá através de sementes e é utilizada no melhoramento genético para obter variabilidade genética nos materiais em estudo (OLIVEIRA e BONOW, 2012). A propagação comercial do morangueiro se dá de maneira assexuada, por meio de estolões emitidos pela planta e enraizados no solo ou em substratos, podendo ser comercializados como muda de raiz nua ou com torrão (GIMÉNEZ et al., 2008; VERDIAL et al., 2009; BEYENE et al., 2012).

A fase de propagação vegetativa do morangueiro também é conhecida como período de estolonamento e é altamente influenciada pela temperatura e fotoperíodo. No processo de produção de mudas, o principal cuidado a ser tomado é a prevenção da contaminação por pragas e doenças, que podem, posteriormente, comprometer as lavouras de produção de frutas (VERDIAL et al., 2009; HERRINGTON et al., 2013).

A muda é um dos insumos mais importantes no sistema de produção do morangueiro, sendo a base para a obtenção de melhores respostas às tecnologias empregadas no processo produtivo, pois está diretamente relacionada com a produtividade e a qualidade da fruta (OLIVEIRA e SCIVITTARO, 2009). Assim, o vigor e a sanidade da muda configuram-se como pré-requisitos essenciais para a obtenção de elevada produtividade de frutas (VERDIAL et al., 2009; ANTUNES e COCCO, 2012).

Devido à importância deste setor produtivo, a produção de mudas é uma atividade econômica distinta da produção de frutas. Realizada por viveiristas especializados, registrados e fiscalizados, envolve elevada tecnologia e constitui-se como uma importante atividade econômica dentro da cadeia produtiva do morangueiro, uma vez que habitualmente as lavouras precisam ser renovadas anualmente. Devido ao acúmulo de pragas de um ciclo produtivo para outro, acarretando baixa produção e qualidade de frutas (GIMENEZ et al., 2008).

No Brasil, o principal sistema de produção de mudas de morango é no solo, onde são produzidas mudas de raízes nuas, através do enraizamento dos estolões emitidos pelas plantas matrizes, mantidas em viveiros a céu aberto (GIMENEZ et al., 2008; VERDIAL et al., 2009; COCCO et al., 2011) ou em ambiente protegido, reduzindo, deste modo, os efeitos causados pela chuva sobre a sanidade das mesmas. A produção de mudas a partir de matrizes ocorre de setembro a maio e as mudas comerciais são formadas pela diferenciação do meristema, expansão das folhas e o crescimento de raízes na parte terminal dos estolões (ASSIS, 2004). Esse processo é contínuo e intenso durante o verão, porém cessa no outono com a redução do fotoperíodo e a diminuição das temperaturas noturnas.

Um dos gargalos enfrentado pelos produtores de morango no Brasil é a baixa disponibilidade de mudas nacionais e que em sua maioria não atendem aos padrões de certificação devido ao reduzido vigor e baixa sanidade, limitando a produtividade de frutas. Muitos produtores de frutas, tentando reduzir os custos, produzem suas próprias mudas, apesar de estarem cientes que a sustentabilidade na cultura do morangueiro parte da necessidade de obtenção de material de boa qualidade fitossanitária (CALVETE et al., 2002). Entretanto, a quantidade de mudas produzidas no Brasil não é suficiente para atender a demanda nacional, que gira em torno de 175 milhões de mudas por ano, distribuídas nos 4.000ha cultivados no país (ANTUNES e PERES, 2013). Segundo estes autores, do total de mudas anualmente plantadas, 15% são importadas do Chile e Argentina, 65% produzidas em viveiros nacionais e 20% pelos próprios produtores.

A escassez na oferta de mudas nacionais, aliada a baixa qualidade fitossanitária e fisiológica das mesmas, torna os produtores, principalmente do Rio Grande do Sul, dependentes da importação de mudas do Chile e da Argentina (ANTUNES e PERES, 2013). A qualidade de mudas é fundamental para a produção precoce do morangueiro. Mudas pequenas ou com sistema radicular pouco desenvolvido, além de plantas com idade fisiológica avançada e sistema radicular suberizado, terão desempenho ruim durante o período produtivo, com impacto negativo na produtividade da fruta (KIRSCHBAUM et al., 2010). Esses autores também citam que plantas grandes e vigorosas se estabelecem mais facilmente e exigem cuidados menos intensivos em relação à irrigação e ao manejo de doenças.

As regiões do Chile e da Argentina onde são produzidas as mudas de morangueiro apresentam latitudes elevadas, baixa precipitação, sendo feita irrigação

por gotejamento. Os verões apresentam temperaturas médias amenas e a noite ocorre redução significativa da temperatura, os solos são arenosos e a radiação solar é abundante (KIRSCHBAUM et al., 2010; LOPÉZ-ARANDA et al., 2011). Tais condições de clima e solo são favoráveis à produção de mudas de alta qualidade fitossanitária e fisiológica conferindo às mudas elevado potencial produtivo (OLIVEIRA e SCIVITTARO, 2006). Além disso, os solos dos viveiros comerciais nestes países são fumigados com brometo de metila (ANTUNES e PERES, 2013) para o controle de doenças de solo, nematoides e larvas (BARUZZI et al., 2012). Seu uso, no entanto, vem sendo restringido ano após ano em todo o mundo, devido à elevada toxicidade do mesmo. No Brasil, a desinfestação dos solos antes do plantio não é uma prática usual, uma vez que o brometo de metila tem seu uso proibido no país (ASSIS, 2004; GIMÉNEZ et al., 2008). Para minimizar os danos causados pelas doenças de solo é recomendado que, após um ciclo de cultivo, a área seja mantida em pousio durante dois anos consecutivos, de modo a quebrar o ciclo de doenças.

Para garantir elevado vigor e qualidade das mudas nos viveiros chilenos e argentinos, as mesmas são mantidas no campo até final de abril a meados de junho, a fim de aumentar os efeitos benéficos do frio sobre o acúmulo de substâncias de reserva da muda e à indução floral (LOPÉZ-ARANDA et al., 2011). Esta prática, no entanto, pode provocar reflexos negativos sobre a sucessiva produção de frutas em regiões com clima mais frio, como é o caso de algumas regiões produtoras no Brasil, pois a muda plantada tardiamente não consegue atingir adequado crescimento vegetativo antes do inverno (GIMENEZ et al., 2008), prejudicando a produção precoce. Como consequência, a rentabilidade do produtor diminui, pois a produção se concentra no período em que há elevada oferta de morango no mercado, quando os preços são mais baixos.

A oferta de mudas nacionais, com elevada qualidade fisiológica, poderia viabilizar o plantio precoce em algumas regiões (COCCO et al., 2011) proporcionando produção de frutas em períodos de baixa oferta de morangos. No Rio Grande do Sul, a Embrapa Clima Temperado publicou o zoneamento agroclimático para a produção de mudas de morangueiro, no qual são indicadas as regiões com aptidão para a produção de mudas (WREGGE et al., 2007), sendo as principais o Planalto Superior e Serra, situadas em altitudes próximas a 900 metros e o extremo Sul, ao nível do mar, entretanto com temperaturas mais baixas durante o

verão devido a maior latitude. Com base nisso, a avaliação das diferenças entre as mudas nacionais e as importadas é de fundamental importância, bem como a implementação de ações para melhorar a qualidade da muda brasileira (OLIVEIRA e SCIVITTARO, 2006).

Dentro deste contexto, pesquisadores têm buscado novas opções para minimizar os problemas causados pelos patógenos de solo, destacando-se métodos alternativos para desinfestação, uso de cultivares resistentes, sistemas de produção fora do solo e utilização de mudas com torrão, nas quais o substrato isento protege o sistema radicular, retardando o ataque de patógenos (BEYENE et al., 2012).

A produção de mudas de morangueiros em sistema fora do solo é uma alternativa viável economicamente e que apresenta grandes vantagens em relação à produção no solo. Neste sistema são produzidas as mudas com torrão a partir do enraizamento de pontas de estolões emitidas pelas plantas matrizes durante a fase de propagação vegetativa, em bandejas, copos ou vasos contendo substratos. Esta técnica tem como principal finalidade evitar a exposição das plantas a doenças de solo (LÓPEZ-GALARZA et al., 2009; BEYENE et al., 2012), garantindo maior qualidade fisiológica e fitossanitária. As mudas produzidas dessa forma são comercializadas e plantadas com as raízes envoltas no torrão de substrato. Várias pesquisas mostraram que este tipo de muda sofre menor estresse por ocasião do transplante, uma vez que o sistema radicular permanece intacto e protegido pelo torrão de substrato (DURNER et al., 2002). Como consequência, a precocidade de produção é superior, possibilitando a produção de morango na entressafra, quando o valor do produto no mercado é maior (MENZEL e TOLDI, 2010).

No sistema de produção de mudas em bandejas, a possibilidade das mudas tornarem-se infectadas por patógenos como *verticillium* (*Verticillium* spp.) ou *phytophthora* (*Phytophthora* spp.) é pequena, pois o meristema radicular, que é a principal porta de entrada destas doenças, encontra-se envolvido por substratos esterilizados. Outro fator que pode ser controlado é a nutrição das mudas, que pode ser ajustada conforme a necessidade de cada cultivar e fase de crescimento (MENZEL e TOLDI, 2010).

Na Europa e Estados Unidos, o uso de mudas com torrão e sua respectiva técnica de produção tem sido popular há mais de 25 anos (DURNER et al., 2002; LÓPEZ-GALARZA et al., 2009). No Brasil, esta técnica de produção de mudas ainda não está bem consolidada, no entanto, diversos estudos apontam que a muda com

torrão pode ser a alternativa para reduzir a dependência de mudas importadas e para a obtenção de produções precoces em diversas regiões produtoras (GIMÉNEZ et al., 2008, VERDIAL et al., 2009; COCCO et al, 2011). Alguns estudos ainda são necessários para adequar este sistema de produção de mudas às necessidades de cada região produtora e para caracterizar o desempenho agrônômico deste tipo de muda em relação a muda com raízes nuas. Além disso, faz-se necessário adequar a técnica de produção de mudas com torrão, através da avaliação de substratos mais adequados, tamanho de alvéolo da bandeja, necessidade de aplicação de frio artificial, tempo de enraizamento, irrigação e nutrição mineral das mudas na bandeja.

O desenvolvimento de novas técnicas de produção de mudas de morangueiro, em sistemas fora do solo, utilizando substratos e solução nutritiva, deverá determinar uma adequação das técnicas de produção de mudas no Brasil, de modo a oferecer um produto capaz de satisfazer as novas exigências dos produtores em relação à qualidade e a época de plantio.

Em alguns países da Europa é comum o uso de mudas frigoconservadas de morangueiro, especialmente aqueles com temperaturas mais frias, como a Alemanha, Polônia, Suíça, Holanda e norte da Itália. Este tipo de muda é produzido em viveiros durante a primavera e verão, sendo mecanicamente arrancadas durante o inverno, na fase de repouso vegetativo (KIRSCHBAUM et al., 1998). Posteriormente é feita a remoção das folhas e seleção conforme o diâmetro da coroa, sendo acondicionadas em caixas de madeira, e armazenadas em câmaras frigoríficas com temperatura de -2°C , bloqueando, assim, a atividade metabólica da muda, sem causar danos aos tecidos da raiz e coroa (LIETEN, 2005). O período de armazenamento até o plantio é de seis meses.

2.3 – Origem e descrição botânica

A espécie cultivada, *Fragaria x ananassa* Duch., pertence a família Rosaceae e se originou na Europa, a partir da hibridização entre as espécies americanas *F. chiloensis* e *F. virginiana* (HANCOCK, 1999), possivelmente por volta de 1750, na França, sendo mundialmente cultivada nos dias atuais. São conhecidas 24 espécies de morangueiro. Destas, 12 são diploides ($2n=6x=42$), cinco são tetraploides ($2n=4x=28$), uma hexaplóide ($2n=6x=42$), duas octoplóides ($2n=8x=56$), uma decaplóide e três espécies híbridas, com número básico de cromossomos $x=7$.

(SERÇE e HANCOCK, 2005). A distribuição geográfica distinta de tetraplóides, hexaplóides e octaplóides sugere que cada grupo poliplóide tenha se originado independentemente (JONES, 1995). Potter et al (2000) relatam que híbridos naturais de *F. virginiana* e *F. chiloensis* ocorrem no oeste da América do Norte.

O morangueiro é uma espécie perene, no entanto é cultivada como anual, principalmente por questões sanitárias e fisiológicas (RONQUE, 1998). Durante a fase vegetativa a planta se multiplica através de estolões, os quais são estruturas longilíneas dotadas de meristemas de crescimento nas extremidades dando origem a novas plantas, que se formam em série. Os estolões se formam a partir de gemas axilares das folhas normalmente em condições de fotoperíodo superior a 13 horas e temperaturas acima de 14°C. A emissão de estolões é máxima com condições de dias longos e temperaturas em torno de 20-26°C (SONSTEBY, 1997).

As novas plantas são formadas geometricamente, pois cada nova planta emite novos estolões, que formam novas plantas e assim sucessivamente. Este processo depende de água e de nutrientes fornecidos pela planta matriz, até que as novas plantas desenvolvam o próprio sistema radicular, que ocorre aproximadamente 15 dias após a emissão das folhas. O número de estolões formados por planta é variável. Em geral as cultivares de dias curtos produzem maior quantidade de estolões do que as de dias neutros (SERÇE e HANCOCK, 2005).

O caule é um rizoma estolhoso, cilíndrico e retorcido, com entre nós curtos, em cujas gemas terminais surgem as folhas, estolhos e inflorescências. A parte que sobressai do solo chama-se coroa, e é formada por um agregado de rizomas curtos, onde estão inseridas as folhas em roseta com um gomo foliar central, do qual se originam as ramificações (RONQUE, 1998).

O sistema radicular é formado por raízes longas, fasciculadas e fibrosas, que se originam na coroa e se dividem em primárias e secundárias (SERÇE e HANCOCK, 2005). As primárias são grandes e perenes, responsáveis pela ancoragem da planta e armazenamento de reservas, contribuindo também para a absorção de água e nutrientes. Já as secundárias são dispostas em camadas superpostas, ficando as camadas mais novas acima das mais velhas e possuem função de absorção de água e nutrientes (SILVA et al., 2007).

As flores, em geral, são hermafroditas. Em algumas cultivares podem ser unissexuais masculinas ou femininas (BRANZANTI, 1989). As flores do morangueiro

estão agrupadas em inflorescências do tipo cimeira, ou seja, depois de aberta a primeira flor, os botões laterais vão se abrindo um a um, acompanhando o desenvolvimento da inflorescência, que é formada a partir das gemas existentes nas axilas das folhas. A primeira flor normalmente origina o primeiro fruto, em geral o mais desenvolvido de cada inflorescência (SILVA et al., 2007). Geralmente, o pólen é liberado durante dois ou três dias, entre as 9 e 17 horas e para que ocorra a polinização, a temperatura mínima deve ser de 12°C e a umidade relativa inferior a 94% (GODOY e BARROS, 2003), sendo efetuado por insetos e pelo vento.

No extremo do receptáculo se encontram os órgãos femininos ou pistilos, dispostos em espiral e com número muito variado, formado cada um por ovário, estilete e estigma, que contém um óvulo, o qual uma vez fecundado dará origem a um aquênio. Como resultado da fecundação dos ovários e do crescimento do receptáculo floral, o fruto que se desenvolve é botanicamente, uma infrutescência (HANCOCK, 1999). As flores cujos pistilos foram todos fertilizados darão origem a frutas bem formadas, de bom tamanho e maturação precoce, sendo sua massa proporcional ao número de óvulos fecundados. Quando a polinização não é regular e uma parte dos pistilos não é polinizada, desenvolvem-se frutas deformadas (BARUZZI, 2005). A deformação de frutas pode ocorrer também por deficiência de boro.

A polinização das flores de morangueiro pode resultar da ação combinada da gravidade e do vento (GODOY e BARROS, 2003). Entretanto, a taxa de polinização dos aquênios raramente supera 60% se não houver transporte de pólen pelos insetos (CALVETE et al., 2010). Em condições naturais, podem ocorrer três formas de polinização: a autopolinização passiva, quando o pólen das anteras é depositado diretamente sobre os estigmas dos pistilos de uma mesma flor, a polinização anemófila ou pelo vento, quando o movimento de pólen é realizado através da circulação de ar, e a polinização realizada por insetos (entomófila), principalmente abelhas. Nos dois últimos casos, podem ocorrer tanto autogamia (autopolinização) como alogamia (polinização cruzada). As três formas de polinização contribuem em extensões diferentes, dependendo das condições de cultivo (CRUZ e CAMPOS, 2009). Em cultivo protegido, por exemplo, tem sido observado efeito positivo dos insetos polinizadores sobre a produção (CALVETE et al., 2010; WITTER et al., 2012).

A fruta, parte comestível, é constituída por um receptáculo carnoso e suculento, de coloração vermelho-viva, constituindo um pseudofruto. Os aquênios são os frutos verdadeiros e são estruturas escuras que contem as sementes e se prendem ao receptáculo (HANCOCK, 1999). A utilização destas sementes, para fins de propagação interessa apenas ao fitomelhorista para a obtenção de seedlings originários de cruzamentos (OLIVEIRA e BONOW, 2012).

As frutas do morangueiro são do tipo não climatéricos, dessa forma após a colheita não ocorre amadurecimento e suas características organolépticas não melhoram, entretanto há aumento na atividade respiratória (ÁVILA et al, 2012). Colhido verde, permanecerá como tal, sem que aconteça a melhoria de sua qualidade sensorial (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

2.4 – Aspectos fisiológicos da planta

O morangueiro é uma espécie que apresenta grande adaptabilidade. Apesar disso, os fatores ambientais exercem um papel importante no crescimento, no desenvolvimento e na produção de frutas (DARROW, 1966; HANCOCK, 1999). Em vista disso, quando uma cultivar é selecionada para determinada região fisiográfica e plantada em outra, dificilmente apresentará o mesmo desempenho produtivo (OLIVEIRA e BONOW, 2012).

Os principais fatores climáticos que afetam a cultura do morangueiro são a temperatura e o fotoperíodo, sendo a temperatura aquela de maior importância (HANCOCK, 1999; SONSTEBY e HEIDE, 2006; SILVA et al., 2007). Além dos fatores citados acima, a propagação vegetativa do morangueiro sofre influência do acúmulo de horas de frio, a baixa pluviosidade e a radiação solar, estando estes fatores diretamente relacionados à qualidade fisiológica e sanitária das mudas (ANTUNES e COCCO, 2012).

A intensidade de radiação é outro fator climático importante para o desenvolvimento do morangueiro, influenciando a produção de matéria seca na coroa, raízes, folhas e estolões e proporcionando acúmulo de substâncias de reserva (VERDIAL et al., 2009). O excesso de chuvas e a elevada umidade relativa do ar podem comprometer a qualidade fitossanitária das mudas, favorecendo a proliferação de doenças, sobretudo as causadas por fungos e bactérias (RONQUE, 1998).

2.4.1 – Temperatura

A temperatura afeta o desenvolvimento vegetativo, a produção e a qualidade da fruta, sendo o principal fator limitante da cultura do morangueiro (SERÇE e HANCOCK, 2005). Quando a temperatura começa a se elevar, no início do verão, as plantas iniciam a fase de propagação vegetativa através da produção de estolões, interrompendo a produção de flores e, conseqüentemente, a produção de frutas (RESENDE et al., 1999). Os órgãos vegetativos do morangueiro são muito resistentes às geadas, pelo contrário, as flores são muito sensíveis, ocorrendo aborto floral em temperaturas inferiores a 0°C (SERÇE e HANCOCK, 2005).

O crescimento das folhas e da coroa ocorre numa faixa ampla, desde próximo do ponto de congelamento, embora mais lento, até 35 °C (GALLETTA e BRINGHURST, 1990). Em condições de baixas temperaturas, o crescimento das folhas pode ser incrementado através de cobertura do solo com mulching, a qual eleva a temperatura na camada de solo desde a superfície até 20 cm de profundidade. A parte aérea das plantas pode ter seu crescimento incrementado através do cultivo protegido, em estufas ou túneis baixos, que possibilitem o controle das condições climáticas no seu interior, mantendo-as na zona de conforto vegetal (SINGH et al., 2012). Entretanto, o sucesso dessa técnica está condicionado ao manejo correto da ventilação dos túneis (abertura e fechamento), prática diária que depende de mão de obra e tempo.

Nas regiões próximas aos trópicos, as temperaturas constantemente mais elevadas fazem com que a planta permaneça na fase vegetativa, produzindo estolões continuamente (DARNEL et al., 2003). Temperaturas elevadas durante a frutificação tornam as frutas ácidas, com baixa firmeza e pobres em sabor (baixa relação açúcar/acidez) (SANTOS et al., 2003).

Nas condições naturais de cultivo em regiões com elevada latitude, as baixas temperaturas e fotoperíodo curto no inverno fazem com que a planta permaneça em dormência (DARNEL et al., 2003). Pouco antes de isso ocorrer, há redução do crescimento da planta e armazenamento de carboidratos nas folhas, pecíolos, coroas e raízes, principalmente na forma de amido, que será hidrolisado no período mais frio, formando carboidratos que fazem com que o ponto de congelamento do suco celular diminua (TAYLOR, 2002). Assim, a planta consegue

resistir às baixas temperaturas durante o inverno. O uso de cultivo protegido nestas regiões minimiza os efeitos adversos das baixas temperaturas sobre o crescimento e produção do morangueiro, pois a cobertura plástica com polietileno transparente propicia a manutenção das condições climáticas necessárias ao crescimento vegetal, embora em menor velocidade, evitando que ocorra a dormência prolongada da planta (SINGH et al., 2012).

A ocorrência de baixas temperaturas durante a fase de propagação vegetativa é importante principalmente para que ocorra a indução floral (LIETEN, 2005). Para que o florescimento seja abundante é preciso que a planta supra as horas de frio necessárias para a indução floral, período que varia de acordo com a cultivar, além do adequado estímulo luminoso (BRADFORD et al., 2010). Segundo Duarte Filho et al. (1999) a necessidade de frio das mudas, pode ser suprida tanto antes, no viveiro, como após o arranquio, através da conservação em câmara frias, ou posterior ao plantio no local definitivo (VERDIAL et al., 2007).

Durante a fase de formação das mudas é ideal a ocorrência de verões com temperaturas médias durante o dia entre 20°C e 26°C e com temperaturas menores que 15°C durante as noites, pois esta variação interfere no conteúdo de reserva de carboidratos nas raízes e o tamanho da coroa das plantas e, conseqüentemente terão influência no desenvolvimento da nova planta (VERDIAL et al., 2009). De maneira geral, o morangueiro é exigente em temperaturas diurnas amenas e noturnas mais baixas (DIAS, et al., 2007).

2.4.2 – Fotoperíodo

O comprimento do dia, juntamente com a temperatura, são os principais fatores de influência na diferenciação floral, sendo as folhas os destinatários principais do sinal externo que é transmitido ao meristema, onde ocorre a resposta ao florescimento (SERÇE e HANCOCK, 2005). A luz é absorvida pelo fitocromo (Phy) e criptocromo (azul claro) que são fotorreceptores, e promovem a expressão de genes que alteram o crescimento do meristema apical de vegetativo para reprodutivo, ocorrendo então a diferenciação floral (TAIZ e ZIEGER, 2013).

As plantas de morangueiro são afetadas pelo fotoperiodismo, que pode ser entendido como a sensibilidade ou reação da planta em relação à variação de luminosidade e do comprimento do dia e da noite (TAIZ e ZIEGER, 2013), o qual

atua na indução da diferenciação do meristema vegetativo para o floral, reciprocamente (BRADFORD et al., 2010). A luz é um importante fator ambiental na regulação do crescimento e desenvolvimento do morangueiro e que controla a passagem da fase vegetativa a reprodutiva no morangueiro (DURNER e POLLING, 1998; BRADFORD et al., 2010). O incremento no nível de radiação resulta, normalmente, em aumento no peso da matéria seca da coroa, raiz e folhas, na fixação e tamanho das frutas e na formação e peso de matéria seca dos estolões (SERÇE e HANCOCK, 2005).

A transição da fase vegetativa para a reprodutiva envolve uma série de processos consecutivos incluindo a indução, iniciação, diferenciação e desenvolvimento floral (BOSC, 2013). A indução ocorre nas folhas expostas às condições de temperatura e fotoperíodo indutivas, as quais captam os sinais e transmitem ao meristema apical, levando à produção de um botão floral (DARNEL et al., 2003). Vários fatores ambientais, incluindo o comprimento do dia e a temperatura, são conhecidos por estarem envolvidos na indução floral (BOSC, 2013). A iniciação da flor é o conjunto de mudanças físicas e químicas que ocorrem na gema sob a recepção de estímulos florais produzidas nas folhas. Durante a transição para a floração o ápice do sistema caulinar vegetativo sofre uma sequência de mudanças estruturais e fisiológicas e é transformado em um ápice reprodutivo. A diferenciação da flor é o desenvolvimento real dos órgãos florais dentro do botão (GUTTRIDGE, 1985). A antese é a expansão visível fora do botão. Consiste na fase final do processo de florescimento, quando os órgãos florais serão expostos possibilitando a polinização e, conseqüentemente, a fertilização. Na prática, a indução, a iniciação e a diferenciação, são referidos como iniciação do botão floral; a antese é o surgimento visível do botão (GUTTRIDGE, 1985).

Assim como para outras espécies, as diversas cultivares de morangueiro reagem ao fotoperíodo de modo diferenciado, sendo classificadas em cultivares de dia curto (DC), de dia neutro (DN) ou insensíveis ao fotoperíodo. Existe um terceiro grupo de cultivares conhecidas como de dias longos (DL), que tiveram importância no passado, porém hoje não apresentam importância comercial (ASSIS, 2004).

A diferenciação floral nas cultivares de dia curto é favorecida por fotoperíodos menores de 14 horas e temperaturas noturnas entre 8 e 15°C. Neste grupo de cultivares, o fotoperíodo ótimo para a indução floral está compreendido entre 8 e 11 horas (GALLETTA e BRINGHURST, 1990). O fotoperíodo ideal e o

número de ciclos (dias de exposição) necessários para induzir a floração em cultivares de dias curtos dependem da temperatura e da própria genética da cultivar. A duração do período de diferenciação depende também do termoperíodo. Segundo Durner e Polling (1988), a faixa ótima de temperatura é entre 14 e 18°C. Além disso, a relação de temperatura dia/noite também é muito importante. Segundo Manakasem e Goodwin (2001), a faixa ótima de temperatura dia/noite está em 18/13°C e 21/16°C.

As cultivares de dias neutros florescem continuamente, independente do fotoperíodo, sendo denominadas cultivares insensíveis ao fotoperíodo (SERÇE e HANCOCK, 2005). Neste caso, o principal fator limitante à diferenciação floral é a temperatura diurna. Essas plantas diferenciam gemas floríferas sempre que a temperatura estiver abaixo de 28°C (GUTTRIDGE, 1985). Embora a temperatura também modifique a resposta fotoperiódica neste grupo de cultivares, elas são menos sensíveis a altas temperaturas do que as cultivares de dia curto (LARSON, 1994). Segundo Taylor (2002) essa multiplicidade na resposta do florescimento se deve a natureza octaplóide do morangueiro cultivado.

As cultivares de dia longo caracterizam-se pela diferenciação das gemas floríferas nos períodos de fotoperíodo longo (acima de 14 horas de luz) e frutificam desde a primavera até o outono. As cultivares de morangueiro com este hábito de floração evidenciam características morfológicas particulares, representadas pela menor capacidade de produzir estolões em relação às cultivares de dia curto, a ponto de representar um grande obstáculo à propagação e difusão das mesmas. Ao contrário, as cultivares de dia curto em condições de dia longo, emitem somente estolões.

2.4.3 – Interação entre temperatura e fotoperíodo

Dentro do grupo de cultivares de dias curtos, cada cultivar apresenta particularidades quanto a resposta à interação fotoperíodo e temperatura no que diz respeito à indução floral e subsequente desenvolvimento (TAYLOR, 2002; SERÇE e HANCOCK, 2005; BRADFORD et al., 2010). À medida que o inverno se aproxima, em regiões de clima temperado e subtropical, os dias tornam-se mais curtos e a temperatura declina, estimulando a floração e a frutificação. Durante o verão, o fotoperíodo alonga-se e a temperatura eleva-se, favorecendo a emissão de estolões,

determinando o fim do período produtivo (KUROKURA et al., 2013). Bradford et al., (2010) destacam que a produção de estolões tem início na maioria das variedades, quando o comprimento do dia é maior que 12 horas, e as temperaturas acima de 22°C.

A temperatura condiciona a resposta do morangueiro ao fotoperíodo tanto em cultivares de dia curto como de dias neutros (SONSTEBY e HEIDE, 2006). O florescimento é inibido por altas temperaturas em cultivares de dias curtos. Independente do fotoperíodo, temperaturas elevadas e constantes entre 28 e 30°C inibem a diferenciação floral em cultivares de dias curtos e de dias neutros (DURNER e POLING, 1998). Baixas temperaturas são reportadas como indutoras do florescimento em cultivares de dias curtos, mantidas em fotoperíodos longos.

O condicionamento prévio da muda tem influência na resposta ao fotoperíodo. A idade ou tamanho da planta pode condicionar a percepção de luz e temperatura quando o fotoperíodo e/ou temperatura não são ótimos para a indução floral (ITO e SAITO, 1962). Esses autores observaram que plantas com idade fisiológica avançada ou com coroas grandes apresentam maior sensibilidade ao fotoperíodo e temperatura. Porém em plantas crescidas em condições ótimas para a indução floral, a exposição de apenas uma folha à luz é suficiente para induzir a resposta na planta.

2.4.4 – Necessidades em frio da planta

Em suas condições naturais de cultivo, o morangueiro é uma planta de clima temperado e perde suas folhas durante o inverno, entrando em repouso vegetativo (HANCOCK, 1999). Esta fase, também conhecida como dormência, inicia no final do verão quando a atividade fisiológica da planta vai diminuindo, em consequência da redução do fotoperíodo e temperatura, até chegar a um estado de dormência ou semi dormência, dependendo da região (BOSC, 2013). Dias com fotoperíodo menor que 14 horas e temperaturas inferiores a 7°C induzem a este repouso vegetativo nas plantas de morangueiro. Durante o período de dormência, as plantas normalmente apresentam folhas pequenas com pecíolos curtos, resultando em uma arquitetura mais compacta (TANINO e WANG, 2008).

A dormência está diretamente ligada ao acúmulo de reservas da planta, pois na fase que antecede a mesma, os carboidratos produzidos nas folhas são

transportados para o pecíolo, raízes e coroa, sendo armazenados principalmente na forma de amido, e serão hidrolisados no período mais frio, formando carboidratos que farão com que o ponto de congelamento do suco celular diminua (TAYLOR, 2002). Além disso, essas reservas serão utilizadas após a superação da dormência, para o crescimento e desenvolvimento da planta a partir do momento em que as condições ambientais tornam-se favoráveis (KIRSCHBAUM et al., 1998). Em cada região produtora é necessário ajustar o manejo dos genótipos para obter um equilíbrio entre o vigor da planta e uma boa floração, culminando em boa produção de frutos (SINGH et al., 2012). Este ajuste é feito, principalmente através da data de plantio adequada para cada local e da escolha da técnica de cultivo.

Em regiões onde a necessidade de frio das mudas não é suprida em condições naturais durante o inverno, é possível utilizar a técnica de vernalização artificial. A refrigeração artificial de mudas de morangueiro promove respostas reprodutivas e vegetativas e é um importante fator no balanço do crescimento vegetativo e reprodutivo (ÖZDEMİR et al., 2013; COSTA et al., 2014). Esta técnica é comum em países da Europa e nos Estados Unidos, onde há extensas pesquisas sobre este assunto (DURNER et al., 2002). No Brasil, existem poucos estudos envolvendo a vernalização de mudas de morangueiro e sua influência na produção de frutas (VERDIAL et al., 2007; OLIVEIRA e SCIVITTARO, 2009; SCHMIDT, et al., 2012).

O excessivo acúmulo de horas de frio durante o período de dormência favorece o desenvolvimento de estolões, folhas e coroas, enquanto que as plantas que não tiveram suas necessidades em frio supridas podem apresentar reduzido crescimento vegetativo, atrasos no desenvolvimento, antera e pólen de baixa qualidade, má formação, menor massa de frutas e menor rendimento produtivo na primavera (TANINO e WANG, 2008). Porém, existem cultivares que possuem baixo requerimento de frio, e superam rapidamente a dormência ou até mesmo não apresentam dormência, continuando seu crescimento e desenvolvimento, possibilitando produções precoces no outono e inverno, em regiões temperadas (FRANQUEZ, 2008).

2.5 – Atributos de qualidade nas frutas

Em relação aos atributos de qualidade, o grande desafio da cultura do morangueiro é obter elevada produtividade associada a características de qualidade, que atendam as exigências dos comerciantes e do consumidor final (BISCEGLI et al., 2003). O conceito de qualidade é amplo e complexo e encontra-se em contínua evolução em consequência das crescentes necessidades da cadeia produtiva e das exigências do consumidor.

Do ponto de vista do produtor, a qualidade de uma cultivar é dada pela elevada produção, resistência a doenças e aspecto exterior (tamanho, formato e coloração uniforme). O tamanho da fruta é uma característica muito importante, principalmente em regiões ou países em que a mão de obra é escassa ou de custo elevado (MALTONI et al., 2009). Já o conceito de qualidade do ponto de vista do comerciante é diferente, quanto maior a conservação pós-colheita das frutas e a aceitação do consumidor, melhor é o produto. Nesse contexto, frutas com elevada firmeza, resistentes a manipulação e resistentes a podridões conferem maior vida pós-colheita, enquanto que frutas graúdas e com a coloração da epiderme 75 a 100% vermelho possuem maior valor de mercado (CANTILLANO, 2003).

Entretanto, sob o ponto de vista do consumidor, além do tamanho da fruta e da coloração da epiderme, outros aspectos influenciam na decisão de compra, como o sabor e a aparência sadia (ausência de podridões, cicatrizes e resíduos de produtos aplicados) (MAGNANI et al., 2009). A cor é, talvez, a primeira característica que o consumidor perceba, tornando o produto mais ou menos atraente.

2.5.1 – Características físico-químicas de frutas

O processo metabólico de maturação proporciona uma série de alterações nas frutas. Tais transformações, que são físicas, químicas e bioquímicas, refletem nos atributos de qualidade dos produtos hortícolas. Na etapa final, ocorre o aprimoramento das características sensoriais da fruta, como sabor, odores específicos em função do aumento de açúcares, e a redução na acidez (PINELLI et al., 2011). As frutas do morangueiro são delicadas e pouco resistentes, em virtude de sua epiderme delgada, alto teor de água e intenso metabolismo. Devido ao seu metabolismo não climatérico, se forem colhidas em estágio de maturação avançada

o mercado receberá frutas em senescência e com podridões. Entretanto, se forem colhidas pouco maduras, apresentarão alta acidez, adstringência e ausência de aroma (CANTILLANO, 2003).

A cor é um dos mais importantes atributos de qualidade em frutas e exerce grande influência sobre o valor estético, servindo como base para a sua aceitação no mercado (MALTONI et al., 2009). Além disso, é o principal parâmetro na determinação do ponto de colheita. Morangos devem apresentar no mínimo 50% a 75% da superfície da fruta de cor vermelho-brilhante no momento da colheita (CANTILLANO, 2003), cor esta devida a presença de antocianinas na fruta. A mudança da cor está associada ao amadurecimento e representa um atributo padrão, juntamente com a firmeza, para a determinação da qualidade para o consumo, sendo ambos usados como indicadores de estágio de maturação, conforme Chitarra e Chitarra (2005). A coloração da epiderme do morangueiro é dependente do genótipo, sendo pouco afetada pelas condições climáticas (SANTOS, 1999). A determinação da cor pode ser feita por equipamentos capazes de medir a quantidade e a qualidade da luz refletida pela fruta, método este que garante maior confiabilidade na utilização e comparação destes parâmetros (OLIVEIRA, 2005). Métodos subjetivos, baseados na intensidade e nas variações da cor perceptíveis ao olho humano, também podem ser utilizados para a determinação da coloração em frutas, no entanto apresentam menor precisão.

A firmeza da polpa é outro atributo de qualidade muito importante no morango, uma vez que está relacionada com a capacidade de armazenamento, conhecida também como tempo de prateleira. Assim, frutas com firmeza elevada sugerem uma vida útil pós-colheita mais prolongada. A firmeza é composta por características físicas perceptíveis pelo tato e que se relacionam com a deformação, desintegração e fluxo do alimento, sob a aplicação de uma força. Essa característica está associada com a composição e estrutura das paredes celulares, as quais estão relacionadas com a manutenção de sua integridade (CHITARRA e CHITARRA, 2005). É considerada muito importante especialmente para as cultivares destinadas ao consumo in natura, pois, além de permitir melhor manuseio e transporte, conservam as características organolépticas por mais tempo, aumentando significativamente o período de comercialização.

A doçura pode ser facilmente mensurada através da quantificação do conteúdo de sólidos solúveis por refratometria (°Brix), pois as frutas são constituídas

em sua maior parte por açúcares, principalmente sacarose, frutose e glicose, os quais representam mais de 99% do total de açúcares presentes na fruta madura (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Além de açúcares solúveis, também são encontrados pectinas, fenólicos, vitaminas, sais, ácidos e aminoácidos (LUCENA, 2006). O teor de sólidos solúveis varia conforme a cultivar, o estágio de maturação e o clima (CANTILLANO, 2003) e tende a aumentar com o avanço da maturação, fato atribuído principalmente à hidrólise de carboidratos de reserva acumulados durante o crescimento da fruta na planta, resultando na produção de açúcares solúveis totais (MARCÍAS-RODRÍGUEZ et al., 2002).

A acidez é comumente mensurada por titulometria. Através desse método todos os grupamentos de ácidos orgânicos livres (sais e compostos fenólicos) são quantificados. A acidez diminui com o amadurecimento na maioria das frutas devido à utilização destes ácidos orgânicos no ciclo de Krebs ou sua transformação em açúcares durante o processo respiratório (LUCENA, 2006). O ácido de maior concentração no morango maduro é o ácido cítrico, embora também se verifiquem quantidades consideráveis de ácido málico e em menor proporção de ácido isocítrico, succínico, oxalacético, glicérico e glicólico (PINELLI et al., 2011). Além da influência no sabor, os ácidos são de fundamental importância para a regulação do pH celular, influenciando a estabilidade das antocianinas e, conseqüentemente, apresentando um papel relevante na cor das frutas (MALTONI et al., 2009).

O pH corresponde a leitura do teor de íons de hidrogênio efetivamente dissociados na solução. O conhecimento desse parâmetro é importante na conservação de alimentos frescos e processados, na determinação da atividade enzimática e na estabilidade de compostos em alimentos e na célula vegetal (ZAMBIAZI, 2010). O pH também tem efeito importante na estabilidade da antocianina e na expressão da coloração de frutas (HOLCROFT e KADER, 1999).

O sabor do morango é um dos mais importantes aspectos de qualidade exigidos pelo consumidor, sendo, em parte, condicionado pelo balanço açúcar/acidez, características estas altamente influenciadas pelo ambiente (BRACKMAN et al., 2002). A maior relação SST/ATT confere às frutas um melhor equilíbrio entre o doce e ácido, proporcionando um sabor mais agradável, tornando-as mais atrativas e exaltando as características organolépticas da fruta. Esses parâmetros são altamente influenciados tanto pelo ambiente de cultivo, como pelo

manejo da cultura, irrigação, nutrição e ponto de colheita (OLIVEIRA e BONOW, 2012).

2.6 – Propriedades funcionais do morango

Os compostos fenólicos são constituintes extranutricionais que ocorrem, normalmente, em pequena quantidade em alimentos de origem vegetal. Pesquisas relatam que algumas classes desses compostos possuem atividades biológicas promotoras da saúde, tais como atividade antioxidante, anti-inflamatória e hipocolesterolêmica (FREIRE et al., 2013). Os alimentos que apresentam estas propriedades são, atualmente, conhecidos como "funcionais", ou alimentos ricos em um ou mais compostos bioativos que apresentam efeitos positivos na saúde (PINTO, 2008; VIZZOTTO, 2012).

Nos últimos anos, maior atenção tem sido dada a estes alimentos, uma vez que estudos epidemiológicos evidenciam que uma dieta rica em alimentos como frutas e hortaliças, exerce influência positiva no combate a processos oxidativos naturais do organismo, colaborando na redução do risco de desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), tais como doenças cardiovasculares, cânceres, distúrbios metabólicos, doenças neurodegenerativas e enfermidades inflamatórias (CAPOCASA et al., 2008; TULIPANI et al., 2009; BATTINO et al., 2009; AZZINI et al., 2010; AABY et al., 2012; VIZZOTTO, 2012).. Esses processos ocorrem devido à formas de oxigênio extremamente reativas denominadas "substâncias reativas oxigenadas", que englobam os radicais livres (GIAMPIERI et al., 2012).

A proteção que esses alimentos oferecem contra essas enfermidades está associada ao seu alto conteúdo de constituintes químicos com propriedades antioxidantes, dentre os quais se destacam o ácido ascórbico, carotenoides e compostos fenólicos (CRECENTE-CAMPO et al., 2012). Por conseguinte, a identificação de fontes vegetais com alta capacidade antioxidante, seja esta derivada de compostos fenólicos e/ou vitaminas, é de extrema importância.

Os compostos antioxidantes inibem a oxidação através de dois mecanismos: o primeiro envolve a inibição da formação dos radicais e o segundo envolve a eliminação dos radicais formados através da doação de átomos de hidrogênio a estas moléculas, interrompendo a cadeia de reação (SOARES, 2002).

Em sua maioria, os compostos bioativos são metabólitos secundários produzidos pelas plantas e estão relacionados com os sistemas de defesa das mesmas contra a radiação ultravioleta e agressões de pragas ou patógenos. Assim, a interação do ambiente com os mecanismos fisiológicos das plantas resulta no estímulo da síntese dos metabólitos secundários (MANACH et al., 2004).

Dentre os vegetais ricos em compostos bioativos, as frutas vermelhas estão entre as fontes mais importantes para a dieta humana, contribuindo principalmente com compostos fenólicos, como os ácidos fenólicos, taninos, flavonóis e antocianinas (JACQUES et al., 2009; BORGES et al., 2010). Entre esses, o grupo de compostos fenólicos que historicamente tem recebido mais atenção são as antocianinas, responsáveis pela cor vermelha brilhante das frutas.

No Brasil, a principal fruta vermelha produzida e consumida é o morango (PINELI et al., 2011). Além da cor e sabor atrativos, o morango contém vitamina C e é rico em compostos fenólicos. Entre os compostos fenólicos presentes na sua composição pode ser encontrado o ácido elágico e alguns flavonoides como as antocianinas, a quercetina, a catequina e o caempferol. Resultados de diversas pesquisas científicas mostram que o consumo de morango contribui para a atividade antioxidante, tem ação anti-inflamatória, anticarcinogênica e antineurodegenerativa. Tais estudos demonstram que as substancias relacionadas a essas propriedades são o ácido ascórbico e os compostos fenólicos, dentre eles as antocianinas (TULIPANI et al., 2009; JOSUTTIS et al., 2012; GIAMPIERI et al., 2012).

2.6.1 – Compostos fenólicos

Compostos fenólicos são compostos bioativos formados por anéis aromáticos com um grupo hidroxila. Foram identificadas mais de 8000 estruturas fenólicas, que variam desde moléculas simples (como os ácidos fenólicos com uma única estrutura aromática), bifenóis (como o ácido elágico), flavonoides (que contem 2 a 3 anéis aromáticos) e polifenóis, contendo 12 a 16 anéis (WROLSTAD, 2004). Compreendem o maior grupo dentre os compostos bioativos em vegetais, sendo subdivididos em classes, de acordo com a estrutura química de cada substancia.

As ações fisiológicas exercidas pelos polifenóis estão relacionadas à redução do risco de ocorrência de doenças cardiovasculares, neurodegenerativas, câncer, dentre outras, principalmente em função da sua elevada capacidade

antioxidante, com propriedades redutoras. A intensidade da ação antioxidante exibida por estes fitoquímicos é diferenciada uma vez que depende, fundamentalmente, do número e posição de hidroxilas presentes na molécula.

Os compostos fenólicos são gerados como metabólitos secundários nas plantas e nos fungos, sendo considerado um dos grupos mais importantes associados ao poder antioxidante (AZZINI et al., 2010). Nas plantas, atuam como componentes estruturais e pigmentantes, além do sistema de defesa da planta através de atividade antioxidante, antimicrobiana e antiviral (HANNUM, 2004). Podem ser degradados pela presença de oxigênio, luz, pH e temperatura. As enzimas envolvidas nessa degradação são a polifenoloxidase e a peroxidase, que causam o escurecimento em frutas e vegetais (PINELI et al., 2011).

O morango é uma fruta que se destaca no conteúdo de compostos fenólicos, sendo os principais o ácido elágico e alguns flavonoides, como as antocianinas, a catequina, a quercetina e o kaempferol (HANNUM, 2004, VIZZOTTO, 2012). Os derivados de ácido elágico correspondem a mais de 50% dos compostos fenólicos encontrados na fruta, desta forma o morango representa a principal fonte de derivados de ácido elágico na dieta brasileira (HAKKINEN et al., 2000, PINTO et al., 2008). Seu conteúdo varia com a cultivar analisada e, em média, na forma livre encontra-se em torno de 1,6 mg 100 g⁻¹ de massa fresca (VIZZOTTO, 2012).

2.6.2 – Antocianinas

As antocianinas, termo oriundo das palavras gregas Anthos (flor) e Kyanos (azul), foi inicialmente usado para descrever os pigmentos azuis da flor da centáurea (*Centaurea cyanus*) e compõe um importante grupo de pigmentos vegetais solúveis em água pertencentes à classe dos flavonoides (CRECENTE-CAMPO et al., 2012). São responsáveis por conferir coloração laranja, rosa, escarlate, vermelha, violeta e azul nas pétalas de flores e nas frutas de vegetais superiores, podendo também ser encontrados em outras partes das plantas, como raízes e folhas (WROLSTAD, 2004; AABY et al., 2012).

Existem registros de mais de 500 diferentes estruturas de antocianinas, que ocorrem em 27 famílias de plantas (WROLSTAD, 2004). Entretanto, as antocianinas mais comumente encontradas em frutas são derivadas principalmente de seis

antocianidinas: pelargonidina, cianidina, delphinidina, peonidina, petunidina e malvidina (VIZZOTTO, 2012).

As antocianinas podem ser encontradas em frutas de várias espécies, entretanto, são nas frutas popularmente conhecidas como frutas vermelhas e nas uvas, que os teores são bastante superiores aos encontrados em outras frutas. Em morangos, a cor vermelha atrativa é devida aos derivados de antocianidinas ligados a açúcares, sendo a principal a pelargonidina-3-glicosídeo que compreende 80% do conteúdo total de antocianinas presente na fruta (CEREZO et al., 2010) e sua concentração aumenta durante a senescência e pós-colheita (JOSUTTIS et al., 2012). Portanto, a quantidade de antocianinas é um fator importante para a avaliação da maturidade dos morangos.

Estudos evidenciaram que as antocianinas agem reparando e protegendo a integridade genômica do DNA, sendo benéficas na redução do estresse oxidativo decorrentes da ação de radicais livres que podem ocasionar sérios impactos na saúde humana (BATTINO et al., 2009; TULIPANI et al., 2009). Seu potencial antioxidante é dependente das diferenças na sua estrutura química, variando com a posição, os tipos de grupos químicos nos anéis aromáticos, a capacidade de aceitar elétrons desemparelhados, o número e a posição dos grupos hidroxilas e sua conjugação (BAGCHI et al., 2004).

Entretanto, fatores como cultivares, níveis de adubação do solo, nutrição da planta, clima e grau de maturação, influenciam o teor de compostos antociânicos nas plantas (CEREZO et al., 2010). Além disso, são pigmentos instáveis que podem ser degradados pela ação da vitamina C, oxigênio, temperatura, pH do meio, entre outros, no próprio tecido, ou destruídas durante o processamento e estocagem dos alimentos (LOPES et al., 2007).

2.6.3 – Ácido ascórbico

O ácido ascórbico é um antioxidante hidrossolúvel, também denominado vitamina C, ácido L-ascórbico, deidroascórbico, ascorbato ou vitamina antiescorbútica (CORDENUNSI et al., 2005). Sua importância cresceu ao longo do tempo principalmente pela descoberta de seu potencial antioxidante, protegendo o organismo contra várias doenças crônicas, as quais têm sua origem no estresse oxidativo (GIAMPIERI et al., 2012). Atua como um excelente antioxidante sobre os

radicais livres na fase aquosa, embora não seja capaz de agir nos compartimentos lipofílicos para inibir a peroxidação lipídica. É um dos mais importantes sequestradores de radicais livres encontrados em plantas, animais e humanos. Reage com espécies reativas de oxigênio, tais como o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), superóxido (O_2^-) e oxigênio singlete (1O_2), resultando em sua capacidade antioxidante (CRUZ-RUS et al., 2011).

O ácido ascórbico participa de diversos processos metabólicos, dentre eles a formação do colágeno e síntese de epinefrina, corticoesteróides e ácidos biliares. Além de cofator enzimático, participa dos processos de óxido-redução, aumentando a absorção de ferro e a inativação de radicais livres (ARANHA et al., 2000).

As maiores fontes de ácido ascórbico são os vegetais como batata, repolho, cebola, aspargo, milho, cenoura, pimentas, brócolis, couve-flor; e as frutas, como acerola, cupuaçu, goiaba, laranjas, limas e limões, abacaxi, tomate, maçã, banana, melão, cerejas, morango, dentre outras (ARANHA et al., 2000). A dose recomendada para manutenção de nível de saturação da vitamina C no organismo é de cerca de 100 mg por dia (CORDENUNSI et al., 2005).

No morango, o teor de ácido ascórbico varia de 39 a 89 mg 100 g⁻¹ de polpa, sendo uma das frutas mais ricas em ácido ascórbico (VIZZOTTO, 2012). Seu conteúdo depende da época do ano, estágio de maturação, cultivar, luz, adubação, condições de cultivo e armazenamento (PINELLI et al., 2011; CRECENTE-CAMPO et al., 2012). A vulnerabilidade de diferentes frutas e hortaliças em relação à perda oxidativa de ácido ascórbico é muito variável. Frutas com pH baixo, como os cítricos, são relativamente estáveis, enquanto que aquelas menos ácidas sofrem mudanças mais rapidamente (PINELLI et al., 2011).

2.7 – Referências

ANTUNES, L. E. C., REISSER JÚNIOR, C. Produção de morangos. **Jornal da Fruta**, v. 15, n. 191, p. 22-24, 2007.

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

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

ANTUNES, L. E. C.; RISTOW, N. C.; KROLOW, A. C. R.; CARPENEDO, S.; REISSER JÚNIOR, C. Yield and quality of strawberry cultivars. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 2, p. 222-226, 2010.

ARANHA, F. Q.; BARROS, Z. F.; MOURA, L. S. A.; GONÇALVES, M. D. C. R.; BARROS, J. C.; METRI, J. C.; SOUZA, M. S. O papel da vitamina C sobre as alterações orgânicas no idoso. **Revista de Nutrição**, v. 13, n. 2, p. 89-97, 2000.

ASSIS, M. de. Produção de matrizes e mudas de morangueiro no Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 2., ENCONTRO DE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS, 1., 2004, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. p. 45-50. (Documentos, 124).

ÁVILA, J. M. M. D.; TORALLES, R. P.; CANTILLANO, R. F. F.; PERALBA, M. D. C. R.; PIZZOLATO, T. M. Influence of planting system and cold storage on the physical-chemistries characteristics and volatile compounds development in strawberries. **Ciência Rural**, v. 42, n. 12, p. 2265-2271, 2012.

AZZINI, E.; VITAGLIONE, P.; INTORRE, F.; NAPOLITANO, A.; DURAZZO, A.; FODDAI, M. S.; MAIANI, G. Bioavailability of strawberry antioxidants in human subjects. **The British journal of nutrition**, v. 104, n. 8, p. 1165–1173, 2010.

BAGCHI, D.; SEN, C. K.; BAGCHI, M.; ATALAY, M. Antiangiogenic, antioxidant, and anti-carcinogenic properties of a novel anthocyanin-rich berry extract formula. **Biochemistry**, Moscou, v. 69, n. 1, p. 75-80, 2004.

BARUZZI, G. **Selezione e valutazione di nuovi genotipi di fragola (*Fragaria x ananassa* Duch.) rifiorante con carattere *Day Neutral***. Dottorato di Ricerca in Produzioni Vegetali e Ambiente. Università Politecnica Delle Marche. Tesi di dottorato, 2005, 91p.

BARUZZI, G.; LUCCHI, P.; FAEDI, W.; SIMPSON, D. Tecnologie, vivaismo e nuove varietà: la fragolicultura mondiale guarda al futuro. **Frutticoltura**, n. 6, p. 14-20, 2012.

BATTINO, M.; BEEKWILDER, J.; DENOYES-ROTHAN, B.; LAIMER, M.; MCDOUGALL, G. J.; MEZZETTI, B. Bioactive compounds in berries relevant to human health. **Nutrition Reviews**, n. 67 Suppl 1, p.145–150, 2009.

BEYENE, G. T.; KEHOE, E.; MACSIURTAİN, M.; HUNTER, A. Effect of different transplanting dates and runner types on quality and yield of 'Elsanta' strawberry. **Acta Horticulturae**, v. 926, p. 483-489, 2012.

BORGES, B. R. da S. **Estudo de caso: o morango (*Fragaria x ananassa* Duch) na venda e comercialização dentro do Programa de Aquisição de Alimentos (PAA)**. il. Monografia (Bacharelado em Gestão do Agronegócio)—Universidade de Brasília, Brasília, 2013. 46 f.

BORGES, G.; DEGENEVE, A.; MULLEN, W.; CROZIER, A. Identification of flavonoid and phenolic antioxidants in black currants, blueberries, raspberries, red

currants, and cranberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, p. 3901–3909, 2010.

BOSC, J. P. Effect of two diurnal temperatures during simulated natural chilling of 'Gariguette' strawberry. **Journal of Berry Research**, v. 3, n. 4, p. 213-216, 2013.

BRANZANTI, E.C. **La fresa**. Madrid: Mundi-Prensa, 1989. 386p.

CALVETE, E. O.; MARIANI, F.; WESP, C. L.; NIENOW, A. A.; CASTILHOS, T.; CECCHETTI, D. Fenologia, produção e teor de antocianinas de cultivares de morangueiro em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, p. 396-401, 2008.

CALVETE, E. O.; ROCHA, H. C.; TESSARO, F.; CECCHETTI, D.; NIENOW, A. A.; LOSS, J. T. Polinização de morangueiro por *Apis mellifera* em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, p. 181-188, 2010.

CAMARGO, L. K. P., DE RESENDE, J. T. V., GALVÃO, A. G., BAIER, J. E., FARIA, M. V., CAMARGO, C. K. Caracterização química de frutos de morangueiro cultivados em vasos sob sistemas de manejo orgânico e convencional. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, p. 993-998, 2009.

CANTILLANO, R. F. F. (Ed.) **Morango: Pós-colheita**. Embrapa Clima Temperado. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 28 p. (Frutas do Brasil, 42).

CANTILLANO, R. F. F.; ÁVILA, J. M. M.; PERALBA, M. D. C. R.; PIZZOLATO, T. M.; TORALLES, R. P. Antioxidant activity, phenolic compounds and ascorbic acid content in strawberries from two crop production systems. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 4, p. 620-626, 2012.

CEREZO, A. B., CUEVAS, E., WINTERHALTER, P., GARCIA-PARRILLA, M. C., TRONCOSO, A. M. Isolation, identification, and antioxidant activity of anthocyanin compounds in Camarosa strawberry. **Food Chemistry**, v. 123, n. 3, p. 574-582, 2010.

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

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

COCCO, C.; GONÇALVES, M. A.; FERREIRA, L. V.; VIGNOLO, G. K.; CARVALHO, S. F.; ANTUNES, L. E. C. Produção de cultivares de morangueiro de dias-curtos na região de Pelotas-RS. In: Encontro de Pós-Graduação UFPel, 13, 2011, Pelotas. **Anais...** Pelotas, nov. 2011. Disponível em: <http://www.ufpel.edu.br/enpos/2011/anais/ca.htm>. Acesso em 28 abr. 2012.

CORDENUNSI, B. R.; GENOVESE, M. I.; NASCIMENTO, J. R. O.; HASSIMOTTO, N. M. A.; SANTOS, R. J.; LAJOLO, F. M. Effects of temperature on the chemical composition and antioxidant activity of three strawberry cultivars. **Food Chemistry**, v. 91, p. 113-121, 2005.

COSTA, R. C da.; CALVETE, E. O.; REGINATTO, F. H.; CECCHETTI, D.; TEREZA, J. Telas de sombreamento na produção de morangueiro em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 1, 2011.

COSTA, R. C. D.; CALVETE, E. O.; MENDONÇA, H. F. C.; COSTA, L. A de. Phenology and leaf accumulation in vernalized and non-vernalized strawberry seedlings in neutral-days. **Acta Scientiarum**, v. 36, n. 1, p. 57-62, 2013.

CRECENTE-CAMPO, J. M.; NUNES-DAMACENO, M.; ROMERO-RODRIGUEZ, M. A.; VAZQUEZ-ODÉRIZ, M. L. Color, anthocyanin pigment , ascorbic acid and total phenolic compound determination in organic versus conventional strawberries (Fragaria x ananassa Duch , cv Selva). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 28, p. 23–30, 2012.

CRUZ, D. D.; CAMPOS, A. D. O. Polinização por abelhas em cultivos protegidos. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 15, n. 1-4, 2013.

CRUZ-RUS, E., AMAYA, I., SÁNCHEZ-SEVILLA, J. F., BOTELLA, M. A., VALPUESTA, V. Regulation of L-ascorbic acid content in strawberry fruits. **Journal of Experimental Botany**, v. 62, n. 12, p. 4191-4201, 2011.

D'ANNA, F.; CARACCIOLO, G.; PRINZIVALLI, C.; ALESSANDRO, R; BARUZZI, G.. Miglioramento della produzione e della qualità: studi varietali e di propagazione in Sicilia. **Frutticoltura**, n. 5, p. 8-15, 2011.

DARNELL, R. L.; CANTLIFFE, D. J.; KIRSCHBAUM, D. S.; CHANDLER, C. K. The physiology of flowering in strawberry. **Horticultural Reviews**, v. 28, p. 325-349, 2003.

DARROW, G. M. **The strawberry**: history, breeding and physiology. New York: Holt, Rinehart and Wiston, 1966. 447 p.

DIAS, M. S. C.; SILVA, J. J. C.; PACHECO, D. D.; RIOS, S. A.; LANZA, F. E. Produção de morangos em regiões não tradicionais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 236, p. 24-33, 2007.

DUARTE FILHO, J.; CUNHA, R. J. P.; ALVARENGA, D. A. Aspectos do florescimento e técnicas empregadas objetivando a produção precoce em morangueiros. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n.198, p. 30-35, 1999.

DURNER, E. F.; E. B. POLING. Strawberry developmental responses to photoperiod and temperature: A review. **Advanced Strawberry Production**, v. 7, p. 6-14, 1988.

DURNER, E. F.; POLING, E. B.; MAAS, J. L. Recent advances in strawberry plug transplant technology. **HortTechnology**, v. 12, p. 545-550, 2002.

FACHINELLO, J. C.; PASA, M. D. S.; SCHMTIZ, J. D.; BETEMPS, D. L. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 109-120, 2011.

FAEDI, W.; BARUZZI, G.; LUCCHI, P.; MAGNANI, S.; MALTONI, M. L.; MIGANI, M.; SBRIGHI, P.; BALLINI, L.; BARONI, G.; COSSIO, F.; CAPRIOLO, G.; CARULLO, A.; BIROLI, M. Updates on Italian Strawberry Breeding Programs coordinated by CRA-FRF. **Proceedings...** VIIIth International Strawberry Symposium. Acta Horticulturae, p. 265, 2012.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT**: Agricultural Production/strawberry. Disponível em: < <http://faostat.fao.org> >. Acessado em: 10 de novembro de 2013.

FRANQUEZ, G. G. **Seleção e multiplicação de clones de morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.)**. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2008. 122p.

FREIRE, J. M.; ABREU, C. M. P. D.; ROCHA, D. A.; CORRÊA, A. D.; MARQUES, N. R. Quantification of phenolic compounds and ascorbic acid in fruits and frozen pulp of acerola, cashew, strawberry and guava. **Ciência Rural**, v. 43, n. 12, p. 2291-2295, 2013.

GALLETA, G. J.; BRINGHURST, R. S. Strawberry management. In: GALLETA, G. J.; HIMELRICK, D. G. (Eds.). **Small Fruit Crop Management**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1990. ch. 3, p. 83-156.

GIAMPIERI, F.; ALVAREZ-SUAREZ, J. M.; TULIPANI, S.; GONZÁLES-PARAMÁS, A. M.; SANTOS-BUELGA, C.; BOMPADRE, S.; BATTINO, M. Photoprotective potential of strawberry (*Fragaria x ananassa*) extract against UVA irradiation damage on human fibroblasts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n. 9, p. 2322-2327, 2012.

GODOY W. I.; BARROS I. B. I. de. Importância da polinização na cultura do morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.). In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 2. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado. p. 60-62, 2004.

GUTTRIDGE, C. G. *Fragaria x ananassa*. In: **CRC Handbook of Flowering**, Vol. III. A.H. Haley (ed.). CRC Press, Boca Raton, Florida. p.16-33. 1985.

HÄKKINEN, S. H.; KÄRENLAMPI, S. O.; MYKKÄNEN, H. M.; HEINONEN, M. I.; TÖRRÖNEN, A. R. Ellagic acid content in berries: influence of domestic processing and storage. **European Food Research and Technology**, v. 212, p. 75-80, 2000.

HANCOCK, J.F. **Strawberries**. Wallingford: CABI, 1999. 237p.

HANNUM, S.M. Potential impact of strawberries on human health: a review of the science. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 44, p. 1-17, 2004.

HEIDE, O. M. Photoperiod and temperature interactions in growth and flowering of strawberry. **Physiologia Plantarum**, v. 40, n. 1, p. 21-26, 1977.

HERRINGTON, M. E., HARDNER, C., WEGENER, M., WOOLCOCK, L. L.. Rain damage on three strawberry cultivars grown in subtropical Queensland. **International Journal of Fruit Science**, v. 13, n. 1-2, p. 52-59, 2013.

HOLCROFT, D. M.; KADER, A. A. Controlled atmosphere-induced changes in pH and organic acid metabolism may affect color of stored strawberry fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 17, p. 19-32, 1999.

ITO, H.; SAITO, T. Studies on the flower formation in the strawberry plants. I. Effects of temperature and photoperiod on the flower formation. **Tahoku Journal Agricultural Research**, v. 13, p. 191-203, 1962.

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

JOSUTTIS, M.; CARLEN, C.; CRESPO, P.; NESTBY, R.; DIETRICH, H.; KRUGER, E. A comparison of bioactive compounds fruit from Europe affected by genotype and latitude. **Journal of Berry Research**, v. 2, p. 73–95, 2012.

KIRSCHBAUM, D. S.; CANTLIFFE, D. J.; DARNELL, R. L.; BISH, E. B. CHANDLER, C. K. Propagation site latitude influences initial carbohydrate concentration and partitioning, growth, and fruiting of 'Sweet Charlie' strawberry transplants grown in Florida. **Proceedings of the Flórida State Horticultural Society**, v. 111, p. 93-96, 1998.

KIRSCHBAUM, D. S.; LARSON, K. D.; WEINBAUM, S. A.; DEJONG, T. M. Late-season nitrogen applications in high-latitude strawberry nurseries improve transplant production pattern in warm regions. **African Journal of Biotechnology**, v. 9, n. 7, p. 1001-1007, 2010.

KUROKURA, T.; MIMIDA, N.; BATTEY, N. H.; HYTÖNEN, T. The regulation of seasonal flowering in the Rosaceae. **Journal of Experimental Botany**, v. 64, n. 14, p. 4131-4141, 2013.

LARSON, K. D. Strawberry. In: SCHAFFER, B; ANDERSON, P. C. **Handbook of Environmental Physiology of Fruit Crops**. Temperature crops, 1994. p. 271-297. CRC Press, Boca Raton.

LIETEN, P. Strawberry production in central Europe. **International Journal of Fruit Science**, v. 5, n. 1, p. 91-105, 2005.

LOPES, T.; XAVIER, M.; QUADRI, M.; QUADRI, M. Antocianinas: uma breve revisão das características estruturais e da estabilidade. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 13, n. 3, p. 291-297, 2007.

LÓPEZ-ARANDA, J. M.; SORIA, C.; SANTOS, B. M.; MIRANDA, L.; DOMÍNGUEZ, P.; MEDINA-MÍNGUEZ, J. J. Strawberry production in mild climates of the world: A

review of current cultivar use. **International Journal of Fruit Science**, v. 11, n. 3, p. 232-244, 2011.

LÓPEZ-GALARZA, S.; SAN BAUTISTA, A.; MARTÍNEZ, A.; PASCUAL, B.; MAROTO, J. V. Strategies for autumn strawberry plantings using different plug plant formats in mild winter climates. **Acta Horticulturae**, v. 842, p. 995-998, 2009.

MACÍAS-RODRÍGUEZ, L.; QUERO, E.; LÓPEZ, M. G. Carbohydrate differences in strawberry crowns and fruit (*Fragaria* × *ananassa*) during plant development. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 50, n. 11, p. 3317-3321, 2002.

MAGNANI, S.; BARUZZI, G.; BONOLI, M.; D'ANTUONO, L. F., ELEMENTI, S.; MALTONI, M. L.; FAEDI, W. Effect of integrated pest management and organic cropping systems on strawberry-fruit health components and fruit quality. **Acta Horticulturae**, v. 842, p. 927–930, 2009.

MALTONI, M. L.; MAGNANI, S.; RANIERI, M.; FAEDI W. Quali sono i fattori che influenzano la qualità del prodotto. **Frutticoltura**, n. 6, p. 22-27, 2009.

MANACH, C.; SCALBERT, A.; MORAND, C.; RÉMÉSY, C.; JIMÉNEZ, L. Polyphenols: food sources and bioavailability. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.79, p.727-47, 2004.

MANAKASEM Y; GOODWIN P. B. Responses of dayneutral and Junebearing strawberries to temperature and daylength. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 76, p. 629-635, 2001.

MENZEL, C. M.; SMITH, L. The growth and productivity of 'Festival' strawberry plants growing in a subtropical environment. **HortTechnology**, v. 22, n. 3, p. 330-337, 2012.

MENZEL, C. M.; TOLDI, A. An evaluation of containerized plants for strawberries growing in a subtropical environment. **HortTechnology**, v. 20, n. 4, p. 786-793, 2010.

OLIVEIRA, A. C. B.; BONOW, S. Novos desafios para o melhoramento genético da cultura do morangueiro no Brasil. **Informe Agropecuário**, v. 33, n. 268, p. 21-26, 2012.

OLIVEIRA, R. P de.; 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.

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, S. L. D.; FERREIRA, M. D.; GUTIERREZ, A. D. S. Valuation of the quality attributes of tomato for fresh market: a study with CEAGESP wholesalers. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 2, p. 214-219, 2012.

ÖZDEMİR, E.; KAŞKA, N.; GÜNDÜZ, K.; SERÇE, S. Effects of short day conditioning, chilling and GA3 treatments to yield and fruit quality in strawberry plug transplants aiming early fruit production. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v. 41, n. 1, p. 263-268, 2013.

PAGOT, E.; HOFFMANN, A. Produção de pequenas frutas no Brasil. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS, 2003, Vacaria, RS. **Anais...** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2003. 64p. (Documentos 37).

PEREIRA, W. R.; SOUZA, R. J. D.; YURI, J. E.; FERREIRA, S. Yield of strawberry cultivars submitted to different planting dates. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 3, p. 500-503, 2013.

PINELI, L. D. D.; MORETTI, C. L.; SANTOS, M. S. dos.; CAMPOS, A. B.; BRASILEIRO, A. V.; CORDOVA, A. C. Antioxidants and other chemical and physical characteristics of two strawberry cultivars at different ripeness stages. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 24, n. 1, p. 11-16, 2011.

PINTO, M. S.; LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I. Bioactive compounds and quantification of total ellagic acid in strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.). **Food Chemistry**, v. 107, p. 1629-1635, 2008.

POTTER D.; LUBY, J. J., HARRISON, R. E. Phylogenetic relationships among species of *Fragaria* (Rosaceae) inferred from non-coding nuclear and chloroplast DNA sequences. **Systematic Botany**, v. 25, n. 2, p. 337-348, 2000.

QURESHI, K. M.; UL HASSAN, F.; UL HASSAN, Q.; QURESHI, U. S.; CHUGHTAI, S.; SALEEM, A. Impact of cultivation systems on growth and yield of strawberry (*Fragaria ananassa*) cv. "chandler". **Pakistan Journal Agriculture Research**, v. 25, n. 2, 2012.

RADIN, B.; LISBOA, B. B.; WITTER, S.; BARNI, V.; REISSER, J. C.; MATZENAUER, R.; FERMINO, M. H. Desempenho de quatro cultivares de morangueiro em duas regiões ecoclimáticas do Rio Grande do Sul. **Horticultura Brasileira**, v. 29, p. 287-291, 2011.

RADMANN, E. B.; BIANCHI, V. J.; OLIVEIRA, R. P. de; FACHINELLO, J. C. Caracterização e diversidade genética de cultivares de morangueiro. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 84-87, 2006.

RESENDE, L. M. A.; MASCARENHAS, M. H. T.; PAIVA, B. M. Panorama da produção e comercialização do morango. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 198, p. 5-19, 1999.

ROCHA, D. A.; ABREU, C. M. P. D.; CÔRREA, A. D.; SANTOS, C. D. D.; FONSECA, E. W. N. D. Análise comparativa de nutrientes funcionais em morangos de diferentes cultivares da região de Lavras-MG. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 4, p. 1124-1128, 2008.

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

SANTOS, A. M. Melhoramento genético do morangueiro. **Informe Agropecuário**, v. 20, n. 198, p. 24-29, 1999.

SCHMITT, O. J.; ANDRIOLO, J. L.; TOSO, V.; JANISCH, D. I.; DAL PICIO, M.; LERNER, M. A. Cold storage of strawberry runner tips on plug plants production and yield. **Ciência Rural**, v. 42, n. 6, p. 955-961, 2012.

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

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

SINGH, A.; SYNDOR, A.; DEKA, B. C.; SINGH, R. K.; PATEL, R. K. The effect of microclimate inside low tunnels on off-season production of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). **Scientia Horticulturae**, v. 144, p. 36-41, 2012.

SONSTEBY, A.; HEIDE, O. M. Dormancy relations and flowering of the strawberry cultivars Korona and Elsanta as influenced by photoperiod and temperature. **Scientia Horticulturae**, v. 110, n. 1, p. 57-67, 2006.

SONSTEBY, A. Short-day period and temperature interactions on growth and flowering of strawberry. **Acta Horticulturae**, n. 439, p. 609–616, 1997.

TANINO, K. K.; WANG, R. Modeling chilling requirement and diurnal temperature differences on flowering and yield performance in strawberry crown production. **HortScience**, v. 43, n. 7, p. 2060-2065, 2008.

TAYLOR, D. R. The physiology of flowering in strawberry. **Acta Horticulturae**, v. 567, p. 245–251, 2002.

THIEL, C. H.; CARVALHO, S. F de.; BORGES, C.; ANTUNES, C. Produção de cultivares de morangueiro de dias-neutros cultivados em Pelotas-RS. In: XXII Congresso Brasileiro de Fruticultura, 2012, Bento Gonçalves, RS. **Anais...** Pelotas, nov. 2012. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/69919/1/5.pdf>, acesso em 15 de dezembro de 2013.

TULIPANI, S.; MEZZETTI, B.; BATTINO, M. Impact of strawberries on human health: insight into marginally discussed bioactive compounds for the Mediterranean diet. **Public Health Nutrition**, v. 12, n. 9A, p. 1656–1662, 2009.

TÜRK BEN, C. Propagation of strawberry plants in pots: Effect of runner order and rooting media. **Journal Biology Environmental Science**, v. 2, p. 1-4, 2008.

VERDIAL, M. F.; NETO, J. T.; MINAMI, K.; FILHO, J. A. S.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; SCARPARE, F. V.; KLUGE, R. A. Fisiologia de mudas de morangueiro produzidas em sistema convencional e em vasos suspensos. **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 31, n. 2, p. 524-531, 2009.

VERDIAL, M. F.; TESSARIOLI NETO, J.; MINAMI, K.; SCARPARE FILHO, J. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; SCARPARE, F. V.; KLUGE, R. A.. Vernalização em cinco cultivares de morangueiro; Vernalization on five cultivars of strawberry. **Ciência rural**, v. 37, n. 4, p. 976-981, 2007.

VIZZOTTO, M. Propriedades funcionais das pequenas frutas. **Informe Agropecuário**, v. 33, n. 268, p. 84-88, 2012.

WITTER, S.; RADIN, B.; LISBOA, B. B.; TEIXEIRA, J. S. G.; BLOCHTEIN, B.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Desempenho de cultivares de morango submetidas a diferentes tipos de polinização em cultivo protegido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 1, p. 58-65, 2012.

WROLSTAD, R. E. Anthocyanin pigments—Bioactivity and coloring properties. **Journal of Food Science**, v. 69, n. 5, p. 419-425, 2004.

WU, C. C.; HSU, S. T.; CHANG, M. Y.; FANG, W. Effect of light environment on runner plant propagation of strawberry. In VI International Symposium on Light in Horticulture. **Acta Horticulturae**, v. 907, p. 297-302, 2009.

YOUNG, J. E.; ZHAO, X.; CAREY, E. E.; WELTI, R.; YANG, S. S.; WANG, W. Phytochemical phenolics in organically grown vegetables. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 49, n. 12, p. 1136–1142, 2005.

ZAMBIAZI, R. C. **Análise Físico Química de Alimentos**. Pelotas: Editora Universitária/UFPEL, 202p. 2010.

3. Capítulo 1

Origem das mudas na produção de morangos

3.1 - Introdução

Mudas de raízes nuas consistem na principal forma para o estabelecimento do sistema anual de produção do morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) no Brasil. Embora seja fisiologicamente uma espécie perene, no sistema convencional de produção, normalmente, se realiza a renovação da lavoura após um ciclo produtivo devido aos problemas fitossanitários que limitam a produção (VERDIAL et al., 2009), gerando uma demanda nacional de 175 milhões de mudas a cada ano, distribuídas nos 4.000ha cultivados com a espécie (ANTUNES e PERES, 2013).

A produção nacional não é suficiente para suprir a demanda, e a importação de mudas chilenas e argentinas representa aproximadamente 15% do total necessário para a implantação da cultura no país (ANTUNES e PERES, 2013), sendo uma prática comum, principalmente no Rio Grande do Sul, onde viveiros comerciais certificados são escassos.

A muda é um dos principais fatores que pode afetar tanto a produção quanto a qualidade de frutas do morangueiro (MENZEL e SMITH, 2012). Portanto, para obtenção de elevada produtividade, um dos pré-requisitos essenciais é a utilização de mudas vigorosas, com elevada qualidade fisiológica e fitossanitária (GIMENEZ et al., 2009; COCCO et al., 2011), capazes de proporcionar alta taxa de sobrevivência após o transplante, rápido crescimento vegetativo e desenvolvimento de novos órgãos.

A qualidade de mudas está estreitamente relacionada à tipologia e para cada categoria apenas determinados parâmetros qualitativos são prioritários e indispensáveis para alcançar o potencial produtivo para aquele tipo de material. No caso de mudas com raízes nuas, os principais parâmetros que indicam boa qualidade são sistema radicular bem desenvolvido e de coloração clara e o diâmetro da coroa superior a 8 mm (PERTUZÉ et al., 2006), uma vez que estes órgãos são armazenadores de reservas na planta. Os carboidratos estocados nestes órgãos tem um papel muito importante na retomada do crescimento da planta após o transplante e na produção das primeiras flores e frutas (ESHGHI et al., 2007). Estes

processos fisiológicos são dependentes das reservas acumuladas, até que a planta tenha autonomia na produção e no fornecimento de energia (BARTCZAK et al., 2010).

No hemisfério Sul, em regiões de clima temperado e subtropical, o plantio das matrizes para a produção de mudas ocorre entre os meses de setembro e novembro (KIRSCHBAUM et al., 1998). Durante o verão as temperaturas elevadas e o fotoperíodo longo são as condições climáticas que estimulam a propagação vegetativa do morangueiro através da emissão de estolões (BRADFORD et al., 2010). Ao final do verão e início do outono, a redução das temperaturas e do fotoperíodo favorecem o acúmulo de carboidratos nos órgãos de reserva, resultando no engrossamento da coroa e das raízes (PERTUZÉ et al., 2006; MENZEL e SMITH, 2012). As baixas temperaturas noturnas neste período diminuem o gasto energético da planta, uma vez que a respiração celular é reduzida, aumentando a taxa de fotossíntese líquida e, como consequência, maior acúmulo de carboidratos (KIRSCHBAUM et al., 2010; PALENCIA et al., 2013). Após o transplante, essas substâncias de reservas são utilizadas pelas plantas para a retomada do crescimento vegetativo e florescimento. Assim, quanto maior a quantidade de carboidratos acumuladas durante o verão e outono, maior será o potencial produtivo das mudas, especialmente para a produção precoce de frutas (RUAN et al., 2009).

O depósito de substâncias de reserva em mudas de morangueiro é influenciado por fatores genéticos e também por fatores de ordem ambiental, como ano e local de produção das mudas (MALTONI et al., 2009). O acúmulo de frio e a precipitação pluviométrica consistem em fatores determinantes na escolha das regiões de maior aptidão para a produção de mudas de morangueiro, estando diretamente relacionados à qualidade das mesmas (WREGE et al., 2007). Além disso, as baixas temperaturas durante esta fase são determinantes para a indução floral (TANINO e WANG, 2008; SONSTEBY et al., 2013).

Diversos estudos reconhecem que a propagação do morangueiro em locais com elevadas altitudes assegura a produção de mudas com sistema radicular mais desenvolvido e coroas maiores (KIRSCHBAUM et al., 1998; MENZEL e SMITH, 2012), devido ao condicionamento fisiológico causado pela exposição a temperaturas mais baixas nestes locais, o que resulta também na redução da incidência de doenças, bem como em níveis elevados de carboidratos nos órgãos de reserva da planta (RUAN et al., 2009).

As regiões da Patagônia Argentina e de Santiago, no Chile, onde existem grandes viveiros da cultura, são caracterizadas pelas elevadas latitude/altitude, baixa precipitação, verões com temperaturas médias amenas durante o dia e redução significativa à noite, solos arenosos e radiação solar abundante (KIRSCHBAUN et al., 1998). Tais condições são favoráveis à produção de mudas de alta qualidade fitossanitária e fisiológica, conferindo à muda elevado potencial produtivo (OLIVEIRA et al., 2005). Além disso, os solos dos viveiros comerciais nestes países são fumigados com brometo de metila, produto utilizado para reduzir a infestação de doenças (ANTUNES e PERES, 2013).

Entretanto, no Rio Grande do Sul, onde boa parte das mudas de morangueiro provêm de viveiros chilenos e argentinos, existem regiões com condições climáticas adequadas para a produção de mudas. De acordo com o zoneamento agroclimático para a produção de mudas de morango no Rio Grande do Sul, são indicadas como aptas para esta atividade as regiões do Planalto Superior e Serra, situadas em altitudes próximas a 900 metros, e do extremo Sul, ao nível do mar, onde se verificam temperaturas mais baixas durante o verão devido a maior latitude (WREGGE et al., 2007).

O suprimento da demanda nacional com mudas de qualidade, produzidas no próprio país, tem se configurado como uma necessidade para os novos sistemas de produção do morangueiro, de modo a reduzir a dependência de importação e viabilizar a expansão da cultura através da produção de frutas durante todo o ano. Entretanto, as pesquisas conduzidas para avaliar a qualidade das mudas produzidas nas diferentes condições climáticas do Rio Grande do Sul, em comparação com aquelas importadas, e seus efeitos sobre a produção de frutas são escassas. Assim, este trabalho teve como objetivo, avaliar a influência da origem das mudas de morangueiro no conteúdo de carboidratos e no posterior desenvolvimento e produção a campo em sistema convencional, nas condições edafoclimáticas de Pelotas, Rio Grande do Sul.

3.2 - Material e métodos

O experimento foi instalado na Embrapa Clima Temperado, Pelotas – RS, cuja localização geográfica é: 31°40'S e 52°26'W; 60 m de altitude, durante o

período de abril a dezembro de 2010. O solo da área experimental é um argissolo vermelho eutrófico típico (SANTOS et al., 2006). A classificação do clima da região, conforme Köppen é do tipo “cfa” – clima temperado, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano e verões quentes (MOTA et al., 1986).

3.2.1 - Material vegetal e origem das mudas

As cultivares utilizadas no experimento foram Camarosa e Camino Real, classificadas como cultivares de dias curtos e provenientes do programa de melhoramento genético da Universidade da Califórnia. As mudas utilizadas no experimento foram propagadas em quatro locais distintos: as mudas argentinas foram adquiridas através da Empresa Maxxi Mudas, com sede no município de Feliz, RS, sendo produzidas no viveiro Patagonia Agrícola S.A., localizado no município de El Maitén, Argentina, com coordenadas geográficas 42°3’S, 71°10’O e altitude de 720 metros acima do nível do mar; as mudas chilenas foram adquiridas através da empresa importadora Bioagro, sediada no município de Araucária, PR, sendo importadas do viveiro chileno Agrícola Llahuen S.A., localizado em Los Ángeles, província de Biobío, Chile, latitude 37°28’, longitude 72°21’ e altitude 145 m; as mudas nacionais foram produzidas em São Francisco de Paula, no viveiro Pasa, localizado na região nordeste do Rio Grande do Sul, latitude 29°26’S, longitude 50°34’O e altitude de 900 m e no Chuí, em um produtor comercial, no extremo Sul do Rio Grande do Sul, latitude 33°41’S e longitude 53°27’O, altitude de 22 m. As regiões de São Francisco de Paula e do Chuí, no Rio Grande do Sul, foram indicadas pelo zoneamento agroclimático para a produção de mudas de morangueiro como aptas devido às suas características climáticas (WREGGE et al., 2007). Utilizaram-se mudas com raízes nuas, não sendo efetuado nenhum tipo de poda do sistema radicular antes do plantio. As mudas foram padronizadas conforme o diâmetro da coroa, sendo selecionadas apenas aquelas acima de 8 mm.

3.2.2 - Cultivo no campo

3.2.2.1 - Preparo do solo

O preparo do solo foi realizado através de aração, gradagem e encanteiramento. A correção da fertilidade do solo foi feita de acordo com os

resultados da análise química, baseado nas recomendações para a cultura do morangueiro descritas no Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do sul e Santa Catarina (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO/RS, 2004). Para a correção do pH utilizou-se calcário dolomítico com PRNT de 98%. Após a adubação de base, instalou-se o sistema de irrigação por gotejamento, com duas linhas de fitas gotejadoras em cada canteiro, com espaçamento entre gotejadores de 0,15 m. Posteriormente, colocou-se o mulching plástico de cor preta, com 40 µm de espessura para cobertura dos canteiros, a fim de evitar o contato dos frutos com o solo, além da manutenção da umidade e controle da população de invasoras.

3.2.2.2 - Sistema de cultivo

O sistema de produção utilizado foi o convencional, em canteiros com um metro de largura, 0,25 m de altura e 20 m de comprimento, com três fileiras de plantas em cada canteiro, em espaçamento de 0,30 m entre plantas e 0,30 m nas entrelinhas. Sobre os canteiros foram construídos túneis baixos, com filme de polietileno de baixa densidade (PEDB) transparente com 100 µm de espessura.

3.2.2.3 - Transplante

Devido às diferentes condições edafoclimáticas dos locais de propagação das mudas, o plantio das mesmas na área experimental ocorreu em datas distintas. As mudas provenientes do Chuí foram plantadas em 26 de abril, de Caxias do Sul, em 28 de abril, da Argentina, em 11 de maio, e aquelas do Chile, em 25 de maio.

3.2.2.4 - Manejo da cultura

O controle do aumento excessivo da temperatura, a renovação do ar no interior dos túneis bem como o manejo de insetos polinizadores, foi realizado mediante a abertura lateral do plástico do túnel nas primeiras horas da manhã e fechamento no entardecer. Em dias de chuva e/ou ventos fortes, foram mantidos parcial ou totalmente fechados.

Durante todo o ciclo da cultura realizou-se o monitoramento de pragas e doenças nas plantas e mediante o aparecimento de sintomas, medidas de controle químico foram aplicadas. O manejo de plantas daninhas, a remoção de folhas secas ou com sintomas de doenças, de estolões e de frutos com sintomas de doenças foram realizados manualmente durante todo o ciclo da cultura. A fertirrigação foi feita semanalmente, através do sistema de irrigação por gotejo, levando em consideração as recomendações técnicas para a cultura (SANTOS e MEDEIROS, 2003). A irrigação foi realizada conforme a necessidade hídrica.

3.2.3 - Avaliações

3.2.3.1 - Nas mudas

No momento do plantio a campo, amostras constituídas de 20 mudas por tratamento foram selecionadas para realizar as seguintes avaliações: diâmetro de coroa (mm), com o auxílio de um paquímetro digital e massa seca de raízes (g), obtidas após secagem em estufa de circulação forçada de ar, na temperatura de 65°C, até obter massa constante entre duas determinações consecutivas. Após a pesagem do material, as amostras de sistema radicular e coroa de cada tratamento, foram moídas separadamente e utilizadas para a determinação de açúcares solúveis totais e amido (mg g^{-1} MS), utilizando-se o método da antrona descrito por McCready (1950). Estas determinações foram realizadas no laboratório de Fisiologia Vegetal, pertencente à Embrapa Clima Temperado.

3.2.3.1 - No campo

Avaliou-se a mortalidade das mudas, aos 20 dias após o plantio, sendo considerada como morta, as plantas necrosadas e sem folíolos novos visíveis. A colheita de frutas iniciou em agosto, estendendo-se até sete de dezembro, quando as temperaturas elevadas e o fotoperíodo longo estimularam a propagação vegetativa, reduzindo a produção de frutas. As frutas foram colhidas quando apresentavam 100% da epiderme com coloração avermelhada, no estágio de maturação completa, correspondendo ao estágio fenológico 87 (MEIER et al., 1994), sendo contadas e pesadas em balança digital. O somatório do número e massa de

frutas obtidas em todas as colheitas ao longo do experimento foi dividido pelo número de plantas na parcela experimental para obtenção da produção por planta (g planta^{-1}). Já a massa média de fruta (g fruta^{-1}) foi obtida pelo quociente entre a massa fresca por planta e o número de frutas por planta. Para as avaliações, foram contabilizadas apenas as frutas com potencial para comercialização, sendo selecionadas com base na massa fresca. Frutas com massa fresca inferior a três gramas foram consideradas não comerciais e descartadas (CEAGESP, 2002). Considerou-se produção precoce, aquela obtida até o final do mês de setembro. Ao final do experimento contabilizou-se a sobrevivência de plantas em cada tratamento, considerada como o número de plantas com folhas verdes em cada parcela.

3.2.4 - Delineamento experimental e análise estatística

Os tratamentos consistiram da combinação dos fatores cultivar e origem da muda. O delineamento experimental foi blocos casualizados, em arranjo fatorial 2×4 , com quatro repetições e 12 plantas por parcela. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias dos tratamentos foram comparadas entre si pelo teste de Tukey (a 5% de probabilidade de erro), através do Programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011). As variáveis expressas em porcentagem foram transformadas para $\arcsen \sqrt{\%}$.

3.3 - Resultados e discussão

Dentre as características avaliadas, houve interação significativa entre os fatores local e cultivar, para o diâmetro da coroa e a massa seca de raízes, no momento do plantio. Considerando a procedência das mudas para cada cultivar, obteve-se maior diâmetro da coroa em mudas propagadas na Argentina, para ambas as cultivares. A cultivar Camino Real obteve menor tamanho de coroa nas mudas propagadas em São Francisco de Paula (10,68 mm) e para 'Camarosa', as mudas propagadas no Chile e em São Francisco de Paula obtiveram menores valores (10,62 e 10,70 mm, respectivamente), sem diferença significativa entre elas (Tabela 1). As cultivares apresentaram O diâmetro de coroa não diferiu entre as cultivares Camarosa e Camino Real, para todos os locais de propagação, com exceção daquelas provenientes do Chile, onde a 'Camino Real' obteve maior

diâmetro em relação à 'Camarosa' (Tabela 1). Embora haja diferenças entre os locais de origem, os valores de diâmetros foram superiores ao padrão mínimo estabelecido na literatura internacional (8 mm) (PERTUZÉ et al., 2006) e no Brasil (3 mm), conforme a portaria nº 172, de 10 de outubro de 2011, publicada pelo Ministério da Agricultura. Diferenças no diâmetro da coroa e massa seca de raízes entre as origens das mudas podem estar relacionados à densidade de plantio das mudas matrizes nos seus respectivos locais de propagação. Os viveiros argentinos e chilenos utilizam espaçamentos entre 35 a 50 cm entre plantas matrizes e 1,0 m entre linhas, sendo produzidas de 35 a 50 plantas por m² (PERTUZÉ et al., 2006). Já os viveiros nacionais, utilizam espaçamentos entre 1,0 a 1,5 entre plantas e 2,0 metros entre linhas, com produção média de 100 mudas por m². Maior densidade de mudas por unidade de área pode provocar uma competição por fatores essenciais de crescimento, como nutrientes, luz e água. Assim, o crescimento individual das plantas é negativamente afetado, resultando em coroas menores em viveiros que buscam elevada produção de mudas.

Independente do local de propagação, a cultivar Camarosa distinguiu-se de 'Camino Real' (Tabela 1). Ao comparar os diferentes locais de propagação das mudas para cada cultivar, verificou-se que para 'Camarosa', as mudas argentinas e chilenas apresentaram maior massa seca de raízes. Para 'Camino Real', a maior massa seca de raízes foi obtida em mudas provenientes do Chile. Por outro lado, as mudas oriundas do Chuí apresentaram menor desempenho para este parâmetro, tanto para 'Camarosa' como para 'Camino Real'

Tabela 1 - Diâmetro da coroa e massa seca de raízes em mudas de morangueiro provenientes de diferentes locais de produção. Pelotas, 2014.

Local de propagação	Diâmetro da coroa (mm)		Massa seca de raízes (g)	
	Camarosa	Camino Real	Camarosa	Camino Real
Argentina	14,53 a A*	15,74 a A	2,32 a A	0,93 b B
Chile	10,62 c B	14,01 b A	2,05 a A	1,30 a B
Chuí	12,64 b A	12,92 b A	0,68 c A	0,46 c B
S. F. de Paula	10,70 c A	10,68 c A	1,60 b A	0,97 b B
C.V. (%)	6,7		10,7	

* Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

Convém salientar que durante a avaliação das mudas, aquelas provenientes do Chuí apresentavam sistema radicular com coloração escura, aspecto

característico de necrose. Através de corte longitudinal da coroa nas plantas infectadas, observou-se um escurecimento do sistema vascular da planta. A análise fitopatológica revelou ataque do fungo *Verticilium* spp., causador da murcha de verticílio, que provocou o colapso da planta (SCHUBERT et al., 2008). É possível que, durante o período de propagação, o solo estivesse contaminado por patógenos, os quais não causaram danos visíveis durante o crescimento no viveiro. Após o transplante, as mudas emitiram novas folhas, a expensas das reservas acumuladas nas raízes e coroa. No entanto, devido ao colapso vascular provocado pela doença, o sistema radicular não foi capaz de absorver água e nutrientes para sustentar o crescimento, resultando na morte da planta.

Para as variáveis mortalidade e sobrevivência de plantas, não houve efeito significativo da interação cultivar x origem da muda, mas, sim, de cada fator isoladamente, nas (Tabela 2). As mudas propagadas no Chuí apresentaram 100% de mortalidade 20 dias após o plantio no campo, possivelmente causada pela presença de *Verticilium*. Por outro lado, as mudas provenientes de Argentina e Chile apresentaram 0% de mortalidade 20 dias após o plantio no campo, não havendo necessidade de replantio e confirmando suas características de qualidade quanto ao aspecto fitossanitário. Uma das principais explicações para este resultado pode estar relacionada à desinfestação dos solos antes do plantio das matrizes, realizada nestes locais, onde tradicionais viveiros de morangueiro estão instalados. Além disso, a localização geográfica favorece uma condição privilegiada de isolamento, onde ao leste encontra-se a Cordilheira do Andes, ao Oeste, o Oceano Pacífico, ao Sul, as geleiras Antárticas e, ao Norte, o deserto de Atacama (PERTUZÉ et al., 2006). O clima nesta região possui características peculiares e extremamente favoráveis à produção de mudas com elevada sanidade, tais como baixo índice pluviométrico e baixa umidade relativa do ar (KIRSCHBAUM et al., 1998). No Brasil, no sistema comercial de propagação vegetativa do morangueiro, a desinfestação do solo não é uma prática realizada, uma vez que o brometo de metila tem seu uso proibido no país e métodos alternativos, como a solarização, ainda são pouco estudados (ANTUNES e PERES, 2013). Em vista disso, problemas com a sanidade das mudas produzidas no país são recorrentes, como pode ser comprovado neste estudo, no qual a mortalidade de mudas propagadas no Chuí, 20 dias após o transplante, chegou a 100% e de São Francisco de Paula a 12,5%, enquanto aquelas importadas, nenhuma muda foi perdida.

Ao final do experimento, observou-se que 93,5% das mudas argentinas sobreviveram, não diferindo das chilenas, as quais apresentaram 89,6% de sobrevivência. Para as mudas propagadas em São Francisco de Paula, a sobrevivência foi de 70,8%. Isso representa quase um terço de plantas mortas ao longo de todo o ciclo produtivo da cultura, valor este bastante elevado, quando se considera o custo de implantação e a perda na produtividade da lavoura decorrente da morte de plantas.

Comparando as cultivares, não houve diferença significativa na taxa de mortalidade das mesmas 20 dias após o plantio, sendo 26,0 e 30,2% para ‘Camarosa’ e ‘Camino Real’, respectivamente. Ao final do ciclo de produção 72,9% das plantas de Camarosa mantiveram-se vivas, enquanto que para ‘Camino Real’ esse índice foi de 54,1%, diferindo significativamente.

Tabela 2 - Taxa de mortalidade de mudas de morangueiro 20 dias após o plantio (%) e porcentagem de plantas vivas ao final do experimento, a partir de mudas com diferentes origens. Pelotas, 2014.

Local de propagação	Mortalidade 20 dias após o plantio (%)	Sobrevivência ao final do ciclo (%)
Argentina	0,0 c	93,5 a
Chile	0,0 c	89,6 a
Chuí	100,0 a	0,0 c
São Francisco de Paula	12,5 b	70,8 b
Cultivares		
Camarosa	26,0 a	72,9 a
Camino Real	30,2 a	54,1 b
C.V. (%)	17,5	19,7

* Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Em relação ao conteúdo de açúcares totais e amido, armazenados na coroa e raízes de mudas de morangueiro, observou-se interação significativa entre os fatores local de propagação da muda e cultivar (Tabela 3). As mudas de ‘Camarosa’ provenientes do Chile apresentaram maior conteúdo de açúcares solúveis totais armazenados na coroa (236,65 mg g⁻¹ MS), diferindo dos demais locais de propagação. Para ‘Camino Real’ o maior conteúdo de açúcares armazenados na coroa também foi verificado em mudas chilenas (203,44 mg g⁻¹ MS), no entanto sem diferir daquelas propagadas na Argentina.

Resultados similares a estes foram verificados também para o conteúdo de açúcares solúveis totais armazenados no sistema radicular (Tabela 3). Comparando os locais de propagação, obteve-se teores mais elevados em mudas provenientes do Chile, em ambas as cultivares (253,76 e 210,67 mg g⁻¹ MS, respectivamente para ‘Camarosa’ e ‘Camino Real’), diferindo das demais áreas de propagação. Menores valores para conteúdo de açúcares, em ambos os órgãos de reserva, foram constatados em mudas propagadas do Chuí, sendo este resultado observado nas duas cultivares.

A comparação entre as cultivares apontou ‘Camarosa’ com maiores níveis de açúcares solúveis nos tecidos da coroa e raízes, em relação à ‘Camino Real’, sendo este resultado verificado em plantas provenientes da Argentina, Chile e Chuí (Tabela 3). As mudas propagadas em São Francisco de Paula obtiveram teores similares entre as cultivares, tanto na coroa como nas raízes.

Tabela 3 – Conteúdo de açúcares solúveis totais e amido armazenados na coroa e raízes em mudas de morangueiro com diferentes locais de propagação. Pelotas-RS, 2014.

Local de propagação	Açúcares solúveis (mg g ⁻¹ MS)		Amido (mg g ⁻¹ MS)	
	Camarosa	Camino Real	Camarosa	Camino Real
Coroa				
Argentina	202,65 b A	183,39 a B	144,66 a A	98,41 a B
Chile	236,65 a A	203,44 a B	39,82 b A	26,41 b B
Chuí	147,79 c A	129,78 c B	24,71 c A	25,09 b A
S. F. de Paula	153,46 c A	159,79 b A	15,97 c A	15,56 c A
C.V.(%)	5,87		10,82	
Raízes				
Argentina	202,93 b A	176,65 b B	293,13 a A	158,80 a B
Chile	253,76 a A	210,67 a B	65,89 b A	46,82 b A
Chuí	105,41 d A	52,56 c B	22,07 c A	15,93 b A
S. F. de Paula	172,44 c A	177,61 b A	40,05 bc A	30,33 b A
C.V.(%)	5,72		19,21	

* Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

O conteúdo de amido foi mais elevado na coroa e nas raízes de mudas produzidas na Argentina, diferindo dos demais locais de propagação, em ambas as cultivares (Tabela 3). Dentre as cultivares foram observadas diferenças significativas no conteúdo de amido na coroa de mudas propagadas na Argentina e no Chile e em raízes de mudas propagadas na Argentina, sendo os teores mais elevados na

‘Camarosa’. Para os demais locais de propagação, as cultivares não diferiram entre si.

O conteúdo de carboidratos de reservas armazenados nas raízes e coroa afeta o crescimento vegetativo, a iniciação floral, o tamanho das frutas e a capacidade de armazenamento em câmara fria (LÓPEZ et al., 2002; MALTONI et al., 2009; MENZEL e SMITH, 2012). Embora o zoneamento agroclimático no Rio Grande do Sul aponte regiões de baixa altitude recomendadas para a produção de mudas de morangueiro, verifica-se superioridade nas mudas oriundas do Chile e Argentinas. Isso provavelmente está relacionado ao efeito benéfico que as altitudes elevadas apresentam sobre o conteúdo de carboidratos nos órgãos de reservas das mudas em relação àquelas plantas propagadas em baixas altitudes (RUAN et al., 2009). A ocorrência de baixas temperaturas está associada à redução da respiração da planta, consequentemente, com menor gasto energético. A fotossíntese líquida é aumentada, havendo maior acúmulo de carboidratos nos órgãos de reserva (ESHGHI et al., 2007).

Diversos estudos reportam que a produção da planta, especialmente no período precoce está diretamente correlacionada com parâmetros de qualidade da muda como o diâmetro da coroa e massa de raízes (RUAN et al., 2009; KIRSCHBAUM et al., 2010). Por sua vez, os parâmetros de qualidade, acima citados, estão relacionados com a concentração de carboidratos nos órgãos de reserva da muda. Menzel e Smith (2012) explicam que os carboidratos não estruturais são aqueles que não fazem parte das estruturas celulares como a parede celular e incluem substâncias como o amido e açúcares solúveis. Estes carboidratos estão disponíveis para o metabolismo celular, ao passo que os carboidratos estruturais estão ligados à parede celular, como a celulose, não se encontrando disponíveis para os processos metabólicos. A energia prontamente disponível para o crescimento da planta é determinada pelo total de carboidratos não estruturais, sendo que os açúcares solúveis estão imediatamente disponíveis para o metabolismo, enquanto o amido deve ser quebrado em unidades individuais de glicose, antes de ser metabolizado.

Não foi observada interação significativa entre os fatores cultivar e local de propagação para as variáveis produtivas. Porém, houve efeito significativo dos fatores isolados (Tabela 4). Em relação ao local, o número de frutas, a massa fresca produzida por planta e a massa média de frutas obtidas no período precoce de

produção, foram mais elevadas em plantas propagadas na Argentina, diferindo dos demais locais de propagação. O número e a massa fresca de frutas nas mudas argentinas durante o período precoce foram respectivamente, 89,5% e 199,4% superiores às chilenas e, 44,0% e 135,3% superiores às produzidas em São Francisco de Paula. Como era esperado, mudas Argentinas, com maior diâmetro da coroa e conteúdo de reservas reverteram em maior produção precoce e total, como pode ser comprovado na tabela 4. Estes resultados tem uma implicância importante dentro do contexto de produção e comercialização do morangueiro, uma vez que a baixa oferta de morangos no período precoce eleva o preço de venda no mercado, gerando maior retorno econômico ao produtor (ANTUNES e PERES, 2013). Assim, torna-se evidente a necessidade, por parte dos produtores, da utilização de técnicas como o plantio antecipado e o uso de mudas com elevada qualidade fisiológica e sanitária que possibilitem a produção antecipada garantindo preços mais vantajosos. Apesar das mudas chilenas apresentarem elevada qualidade fisiológica, a baixa produção precoce neste estudo se deve, possivelmente, ao plantio tardio no campo de produção (25/05/2010), período em que as baixas temperaturas do final do outono e início do inverno são pouco favoráveis ao crescimento vegetativo da parte aérea, limitando a fotossíntese e atrasando o início da produção (ALMEIDA et al., 2009).

Os resultados obtidos para número e massa fresca de frutas no período de produção precoce, foram similares aos do ciclo de produção total, sendo superiores para as plantas propagadas na Argentina, com média de 42 frutas por planta e 706,7 g planta⁻¹, respectivamente para estas variáveis. Por outro lado, menores valores para estas mesmas variáveis foram verificados em mudas propagadas no Chile (31,2 frutas e 551,7 g planta⁻¹) e em São Francisco de Paula (26,6 frutas por planta e 415,7 g planta⁻¹), não diferindo significativamente. Oliveira e Scivittaro (2006) avaliando o desempenho produtivo de mudas produzidas em três locais (Chile, Serra Gaúcha e Pelotas), observaram que as mudas chilenas apresentaram maior produção de frutas em relação às mudas nacionais, com média de 724,5 g planta⁻¹, sendo superior ao obtido no presente estudo.

Apesar do plantio antecipado das mudas nacionais, propagadas em São Francisco de Paula, a baixa qualidade fisiológica destas mudas, como a menor concentração de carboidratos em comparação com as mudas importadas, possivelmente provocou reflexos negativos na produção. Em relação às diferenças

de produção nas mudas importadas, observa-se que, apesar de as mudas argentinas apresentarem quantidades de açúcares solúveis relativamente inferiores às mudas propagadas no Chile, o conteúdo total de carboidratos foi superior nas mudas propagadas na Argentina, uma vez que continham maiores conteúdos de amido em seus tecidos, sendo este, possivelmente, quebrado em açúcares menores e utilizado nos processos metabólicos relacionados ao crescimento e à produção das plantas (ESHGHI et al., 2007, MENZEL e SMITH, 2012).

Analisando-se as cultivares, verificou-se que a 'Camarosa' se destacou em relação ao número e a massa fresca de frutas, tanto no período de produção precoce (6,0 frutas e 104,1 g planta⁻¹), como no período de produção total (39,8 frutas e 638,0 g planta⁻¹), diferindo estatisticamente da 'Camino Real'. Entretanto a massa média de frutas, considerando o período total de produção, foi significativamente superior para 'Camino Real' (17,7g fruta⁻¹) em relação à 'Camarosa' (15,9 g fruta⁻¹).

O melhor desempenho obtido neste estudo pela cultivar Camarosa é confirmado também pelos resultados encontrados por Calvete et al. (2008) em ambiente protegido, em Passo Fundo, e Oliveira e Scivittaro (2011) em estudo conduzido em Pelotas, os quais obtiveram produções de 517 e 740 g planta⁻¹, respectivamente. Por outro lado, para 'Camarosa', valores superiores a estes foram constatados em outros estudos. Cocco et al. (2012) investigando o desempenho produtivo de três cultivares de morangueiro em Pelotas, RS, obtiveram 954,7g planta⁻¹ para a Camarosa e 571,0 g planta⁻¹ para 'Camino Real'. Oliveira et al. (2008), avaliando o desempenho agrônômico de três cultivares de morangueiro no município de Pelotas-RS, obtiveram produção de 1.038g planta⁻¹ com 'Camarosa' e 1.121g planta⁻¹ utilizando 'Camino Real'. O desempenho produtivo inferior de 'Camino Real' em diversos estudos, pode ser atribuído às características genéticas, que, de acordo com SHAW e LARSON (2007), é reconhecidamente menos produtiva que 'Camarosa', tendo plantas relativamente pequenas, compactas e eretas e frutas grandes. Além disso, a sua menor produção pode ser atribuída ao menor número de frutas produzidas, sendo este resultado comprovado também por Cocco et al. (2012). Por sua vez, a cultivar Camarosa é largamente utilizada para a produção comercial em vários países, devido a sua ampla adaptação a diferentes condições edafoclimáticas.

Tabela 4 – Número (NF), massa fresca (MF) e massa média fresca (MMF) de frutas por planta produzidas no período precoce e total, a partir de mudas de morangueiro de diferentes cultivares e locais de propagação. Pelotas, 2014.

Local de propagação	PRODUÇÃO PRECOCE			PRODUÇÃO TOTAL		
	NF	MF	MMF	NF	MF	MMF
		g planta ⁻¹	g fruta ⁻¹		g planta ⁻¹	g fruta ⁻¹
Argentina	7,2 a*	156,0 a	21,7 a	42,0 a	706,7 a	16,8 ab
Chile	3,8 b	52,1 b	13,8 b	31,2 b	551,7 b	17,9 a
S.F. de Paula	5,0 b	66,3 b	13,4 b	26,6 b	415,7 b	15,8 b
Cultivares						
Camarosa	6,0 a	104,1 a	16,5ns	39,8 a	638,0 a	15,9 b
Camino Real	4,6 b	78,8 b	16,1	26,8 b	477,1 b	17,7 a
C.V. (%)	20,1	21,4	12,1	17,3	19,5	8,1

* Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Bartczak et al. (2010), relatam que o uso de mudas com baixa qualidade no plantio pode conduzir a uma elevada perda na produção, a qual é impossível de recuperar através das técnicas de manejo durante o ciclo da cultura. Assim, o plantio antecipado, apesar de influenciar positivamente na emissão de folhas e crescimento do sistema radicular, devido às temperaturas mais elevadas, não é capaz de assegurar elevado vigor àquelas mudas originalmente caracterizadas por baixa qualidade fisiológica.

Normalmente, em viveiros comerciais, as folhas mais velhas são removidas durante a colheita e limpeza das mudas com raízes nuas, sendo comercializadas sem folhas ou apenas com o folíolo mais jovem (COCCO et al., 2012). Em vista disso, a retomada do crescimento, tanto da parte aérea como das raízes, é dependente dos carboidratos armazenados nos órgãos de reserva. À medida que a planta, subsequentemente, produz folhas novas, flores e coroas, o rendimento torna-se mais dependente da capacidade fotossintética e da taxa de crescimento da planta (ESHGHI et al., 2007). Portanto, elevado conteúdo de carboidratos nas raízes e na coroa em mudas frescas é extremamente importante no suprimento das necessidades da planta para o crescimento e a produção precoce. Palha et al. (2002) observaram uma forte correlação ($r = 0,73$) entre a produção precoce de frutas e a concentração de carboidratos nas raízes. Os resultados deste estudo ressaltam a importância do conteúdo de substâncias de reservas para o estabelecimento e o crescimento de mudas de morangueiro.

Os fatores climáticos como a radiação, a temperatura e o fotoperíodo, nos diferentes locais de propagação do morangueiro, estão associados à qualidade das mudas, desde que seja usada a mesma tecnologia de produção, influenciando no acúmulo de matéria seca da coroa, da raiz, das folhas e dos estolões (TAKEDA e NEWELL, 2006). A propagação em locais com elevada altitude e/ou latitude elevada, e clima temperado, melhora as características qualitativas em mudas de morangueiro. Estas diferenças estão relacionadas à maior quantidade de horas de baixas temperaturas no outono, em locais com maiores latitudes/altitudes, resultando em maior acúmulo de reservas na coroa e raízes (RUAN et al., 2009). Entretanto, a baixa qualidade fisiológica apresentada pelas mudas produzidas em São Francisco de Paula (altitude de 900 m) resultou surpreendente, uma vez que as temperaturas médias nesta região são, geralmente, inferiores à média do estado. Além disso, em muitas áreas de produção emergentes, como é o caso do Brasil, as tecnologias para a produção de mudas ainda não são bem conhecidas e as mudas com raízes nuas produzidas em viveiros apresentam baixa qualidade, além de contaminações por doenças de solo como *Phytophthora*, *Verticillium* e *Colletotrichum*, uma vez que os solos não são desinfestados (ANTUNES e PERES, 2013).

A baixa qualidade das mudas nacionais pode ser explicada por duas hipóteses principais, associadas ao insuficiente acúmulo de substâncias reservas nas raízes e na coroa. A primeira hipótese está relacionada ao número de horas de frio abaixo de 10°C, historicamente registrado nas condições climáticas do Rio Grande do Sul, durante os meses de janeiro a abril, que é menor do que 100 horas (WREGG et al., 2007). Este valor é considerado insuficiente para o acúmulo de elevadas quantidades de carboidratos nos órgãos de reserva (TANINO e WANG, 2008). A outra hipótese que poderia explicar o condicionamento das mudas nacionais está associada à época em que as mesmas são colhidas nos viveiros gaúchos. Para que os agricultores possam realizar o plantio antecipado das mudas para a produção de frutas, estas são colhidas no início do outono, quando baixo acúmulo de frio ainda é registrado. Como consequência, a qualidade da muda é comprometida e o crescimento da planta após o transplante é prejudicado, afetando negativamente o seu desempenho produtivo inicial.

As condições edafoclimáticas das regiões do Chile e da Argentina, onde as mudas são produzidas e as técnicas de cultivo empregadas favorecem o acúmulo de

substâncias de reserva na coroa e nas raízes durante o final do verão e início do outono (KIRSCHBAUM et al., 1998). Para garantir elevado vigor e qualidade das mudas nos viveiros chilenos e argentinos, estas são mantidas no campo até final de abril a meados de junho, a fim de aumentar os efeitos benéficos do frio sobre o acúmulo de substâncias de reserva da muda e indução floral. A amplitude térmica entre dia e noite é um dos fatores ambientais mais importantes relacionados com a indução floral (SONSTEBY et al., 2013). O sinal da floração pode ser uma resposta hormonal induzida pelas giberelinas, mediada pelo acúmulo de sacarose nos órgãos de reserva. Elevada amplitude térmica pode acelerar o acúmulo de sacarose, a qual induz a síntese de giberelinas, com consequente sinalização para a transição do meristema apical ao florescimento (KUROKURA et al., 2013).

A manutenção das mudas nos viveiros até meados de abril pode provocar reflexos negativos sobre a sucessiva produção de frutas. Mudas plantadas tardiamente não conseguem atingir adequado crescimento vegetativo antes do inverno (MENZEL e SMITH, 2012) prejudicando a produção precoce (RAHMAN et al., 2014). Uma vez que as condições climáticas, em muitas regiões brasileiras de produção do morangueiro, são favoráveis ao plantio precoce, esta prática é inviabilizada quando não há mudas disponíveis ao produtor.

A oferta de mudas nacionais, com elevada qualidade fisiológica, poderia viabilizar o plantio precoce em algumas regiões, proporcionando produção de frutas em períodos de baixa oferta de morangos (COCCO et al., 2011).

Segundo Wrege et al. (2007), no Rio Grande do Sul e no Brasil, de modo geral, o sistema de classificação das mudas através do diâmetro da coroa, não deve ser tão rigoroso quanto aquele usado nos viveiros argentinos e chilenos, para os quais, uma boa muda deve ter, pelo menos, 8 mm de diâmetro da coroa. Contudo, os resultados deste estudo mostram que o diâmetro da coroa não deve ser o único parâmetro levado em consideração quando se deseja avaliar a qualidade da muda de morangueiro, visto que em todos os locais de origem e cultivares, o diâmetro de coroa médio foi superior a este valor. Ressalta-se também que outros países com condições climáticas semelhantes às do Rio Grande do Sul, conseguiram adaptar as técnicas de produção de mudas com elevada qualidade fisiológica e sanitária, como é o caso do Sul da Itália. Assim, novos estudos devem ser conduzidos no sentido de detectar as falhas no manejo e na produção de mudas e aprimorar as técnicas de produção, de forma a tornar sustentável essa cadeia produtiva.

A carência de viveiros no Rio Grande do Sul, voltados a atender a demanda interna, deve estimular a pesquisa relacionada ao desenvolvimento da produção de mudas nas diferentes áreas indicadas pelo zoneamento agroclimático do morangueiro, verificando seu comportamento agrônomo em comparação com as mudas importadas. Estudos complementares devem ser conduzidos para avaliar os efeitos das condições ambientais do local de propagação sobre o desempenho produtivo e qualidade de frutas. Além disso, novos sistemas e técnicas de propagação de morangueiro devem ser adaptados.

3.4 - Conclusões

Mudas importadas de Argentina possuem maior diâmetro da coroa e conteúdo de carboidratos, revertendo em maior produção precoce e total de frutas.

No Sul do Brasil a cultivar Camarosa apresenta maior desempenho produtivo do que 'Camino Real'.

3.5 - Referências

ALMEIDA, I. R.; STEINMETZ, S.; ANTUNES, L. E. C.; ALBA, J. M. F.; MATZENAUER, R.; RADIN, B. Zoneamento agroclimático para a produção de morango no Rio Grande do Sul. **Documentos**, **283**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. 2009, 28p.

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

CALVETE, E. O.; GRANDO, M. F.; GOMIDE, D. G.; MARAN, R. E.; SUZIN, M.; NIENOW, A. A.; CECCHETTI, D. Desempenho in vitro e agrônomo de cultivares micropropagadas de morangueiro em vários subcultivos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 4, p. 943-949, 2009.

CEAGESP. **Normas de classificação de morango**. São Paulo: CQH/CEAGESP. Documento, 22. 6 p. 2002.

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

COCCO, C.; FERREIRA, L. V.; GONÇALVES, M. A.; PICOLOTTO, L.; ANTUNES, L. E. C. Strawberry yield submitted to different root pruning intensities of transplants. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 4, p.1284-1288, 2012.

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

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

KIRSCHBAUM, D. S.; CANTLIFFE, D. J.; DARNELL, R. L.; BISH, E. B.; CHANDLER, C. K. Propagation site latitude influences initial carbohydrate concentration and partitioning, growth, and fruiting of 'Sweet Charlie' strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) transplants grown in Florida. **Proceedings Florida State Horticultural Society**, v. 111, p. 93–96, 1998.

KIRSCHBAUM, D. S.; LARSON, K. D.; WEINBAUM, S. A.; DEJONG, T. M. Late-season nitrogen applications in high-latitude strawberry nurseries improve transplant production pattern in warm regions. **African Journal of Biotechnology**, v. 9, n. 7, p. 1001-1007, 2010.

KUROKURA, T.; MIMIDA, N.; BATTEY, N. H.; HYTÖNEN, T. The regulation of seasonal flowering in the Rosaceae. **Journal of experimental botany**, v. 64, n. 14, p. 4131-4141, 2013.

LOPEZ, S.; MAROTO, J. V.; SAN BAUTISTA, A.; PASCUAL, B.; ALAGARDA, J. Differences in carbohydrate content of waiting-bed strawberry plants during development in the nursery. **Scientia Horticulturae**, v. 94, n. 1, p. 53-62, 2002.

MALTONI, M. L.; MAGNANI, S.; RANIERI, M.; FAEDI W. Qualli sono i fattori che influenzano la qualità del prodotto. **Frutticoltura**, n. 6, p. 22-27, 2009.

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

MEIER, U.; GRAF, H.; HACK, M.; HESS, M.; KENNEL, W.; KLOSE, R.; MAPPE, D.; SEIPP, D.; STAUSS, R.; STREIF, J.; VAN DEN BOOM, T. Phänologische Entwicklungsstadien des Kernobstes (*Malus domestica* Borkh. und *Pyrus communis* L.), des Steinobstes (*Prunus*-Arten), der Johannisbeere (*Ribes*-Arten) und der Erdbeere (*Fragaria × ananassa* Duch.). **Nachrichtenbl Deutschland Pflanzenschutz**, v. 46, p. 141-153, 1994.

MENZEL, C. M.; SMITH, L. Relationship Between the Levels of Non-structural Carbohydrates, Digging Date, Nursery-growing Environment, and Chilling in Strawberry Transplants in a Subtropical Environment. **HortScience**, v. 47, n. 4, p. 459-464, 2012.

MOTA, F. S.; BEIRSDORF, M. I. C.; ACOSTA, M. J. **Estação Agroclimatológica de Pelotas**: realizações e programa de trabalho. Pelotas: UFPEL, 1986.

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, p. 520-522, 2006.

PALENCIA, P.; MARTÍNEZ, F.; MEDINA, J. J.; LÓPEZ-MEDINA, J. Strawberry yield efficiency and its correlation with temperature and solar radiation. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 1, p. 93-99, 2013.

PALHA, M. G. S.; TAYLOR, D. R.; MONTEIRO, A. A. The effect of digging date and chilling history on root carbohydrate content and cropping of 'Chandler' and 'Douglas' strawberries in Portugal. **Acta Horticulturae**, v. 567, p. 511-514, 2002.

PERTUZÉ, R.; BARRUETO, M.; DIAZ, V.; GAMARDELLA, M. Evaluation of strawberry nursery management techniques to improve quality of plants. **Acta Horticulturae**, v. 708, n. 1, p. 245-248, 2006.

RAHMAN, M. M.; RAHMAN, M. M.; HOSSAIN, M. M.; KHALIQ, Q. A.; MONIRUZZAMAN M. Effect of planting time and genotypes growth, yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). **Scientia Horticulturae**, v. 167, p. 56-62, 2014.

RUAN, J.; YOON, C.; YEOUNG, Y.; LARSON, K. D.; PONCE, L. Efficacy of highland production of strawberry transplants. **African Journal of Biotechnology**, v. 8, n. 8, p. 1497-1501, 2009.

SANTOS, A. M.; MEDEIROS A. R. M. **Morango**: Produção. Frutas do Brasil. Embrapa Clima Temperado, 2003, 81p.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2ª ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos. 2006. 306p.

SBCS-SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: SBCS/CQFS. 400p, 2004.

SCHUBERT, P.; GOLLDACK, J.; SCHWÄRZEL, H.; LENTZSCH, P. Pathogenicity in *Verticillium* on strawberry plants. In: Ecofruit-13th International Conference on Cultivation Technique and Phytopathological Problems in Organic Fruit-Growing: **Proceedings**...p. 138-143, 2008.

SHAW, D.; LARSON, K. The Camino Real strawberry cultivar, 2007. Disponível em: <http://fruitsandnuts.ucdavis.edu/strawberry/Website_Camino_Real_description_final2.pdf>. Acesso em: 05 janeiro 2014.

SONSTEBY, A.; OPSTAD, N.; HEIDE, O. M. Environmental manipulation for establishing high yield potential of strawberry forcing plants. **Scientia Horticulturae**, v. 157, p. 65-73, 2013.

VERDIAL, M. F.; NETO, J. T.; MINAMI, K.; FILHO, J. A. S.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; SCARPARE, F. V.; KLUGE, R. A. Fisiologia de mudas de morangueiro produzidas em sistema convencional e em vasos suspensos. **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 31, n. 2, p. 524-531, 2009.

WREGE, M. S.; REISSER JÚNIOR, C.; ANTUNES, L. E. C.; OLIVEIRA, R. P. D.; HERTER, F. G.; STEINMETZ, S.; GARRASTUZU, M. C.; MATZENAUER, R.; SANTOS, A. M. D. Zoneamento agroclimático para produção de mudas de morangueiro no Rio Grande do Sul. **Documentos**, **187**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007, 27 p.

4. Capítulo 2

Crescimento, desenvolvimento e produção de morangos a partir de mudas com torrão produzidas em bandejas.

4.1 - Introdução

No sistema comercial de produção do morangueiro, a disponibilidade de mudas de alta qualidade é um dos fatores mais importantes para a obtenção de boas produções, pois é o ponto de partida para alcançar melhores respostas às tecnologias empregadas (ANTUNES e COCCO, 2012). O uso de mudas sadias e vigorosas, na implantação da lavoura, garante ao produtor maior chance de obter elevado rendimento.

No Brasil, a maior parte das mudas utilizadas no plantio é do tipo raízes nuas provenientes de matrizes multiplicadas *in vitro* e produzidas através do enraizamento das pontas de estolão no solo, durante o verão. A demanda nacional está em torno de 175 milhões de mudas por ano, distribuídas nos 4.000ha cultivados com o morangueiro no país (ANTUNES e PERES, 2013). Do total de mudas anualmente plantadas, 15% são importadas do Chile e Argentina, 65% produzidas em viveiros nacionais e 20% pelos próprios produtores. A importação de mudas é prática comum, principalmente no Rio Grande do Sul, onde viveiros comerciais certificados são escassos e a maioria das mudas produzidas apresenta baixa qualidade fisiológica e sanitária.

As condições climáticas de cada região produtora determinam a época de plantio das mudas no campo devido a grande influência sobre o crescimento vegetativo e o florescimento, sendo determinante sobre o período de frutificação da cultura e, conseqüentemente, da produção (RAHMAN et al., 2014). Para que a cultura possa expressar seu máximo potencial produtivo, o plantio na época adequada é uma das ferramentas de grande importância. No Rio Grande do Sul, devido à baixa disponibilidade de mudas nacionais, o plantio do morangueiro é feito nos meses de maio e junho, período que entram no Estado as mudas provenientes de viveiros chilenos e argentinos. Como consequência disso, anula-se a possibilidade de maiores rendimentos com a produção precoce do morangueiro,

período este em que a remuneração é elevada devido à diminuição na oferta da fruta.

Mudas com torrão pode ser uma alternativa para esses problemas, podendo proporcionar ganhos com o plantio antecipado em regiões com clima mais frio, no início do outono, como é o caso do Rio Grande do Sul. Este tipo de muda é produzida a partir de plantas matrizes cultivadas em ambiente protegido durante a primavera e verão, utilizando sistemas fora do solo, com substrato esterilizado (ANDRIOLO, 2007). As pontas de estolão emitidas durante o verão são colocados para enraizar em bandejas com substrato, originando a muda com torrão (GIMENEZ et al., 2009). A muda é comercializada e plantada com as raízes envolvidas pelo torrão de substrato, que protege as mesmas dos danos físicos e exposição a doenças de solo nesta fase (HUANG et al., 2011). A proteção do substrato ao sistema radicular minimiza o estresse por ocasião do transplante, resultando em maior precocidade, e possibilita a entrada do produto na entressafra, quando o valor do produto no mercado é mais elevado (COCCO et al., 2010).

Uma das principais vantagens deste tipo de muda é a possibilidade de escalonar a produção das mesmas, de maneira que o plantio na lavoura comercial pode ser realizado na época mais adequada. Mudas com torrão tem sido utilizadas por produtores há vários anos nos Estados Unidos, Europa e México, para o plantio antecipado visando obter produções precoces (DURNER et al., 2002; CARACCILOLO et al., 2009; DAVALOS-GONZALES et al., 2009). Além disso, esta técnica permite, quando necessário, satisfazer artificialmente as exigências em frio das mudas antes do plantio (VERDIAL et al., 2009).

Um dos principais desafios da produção de mudas em recipientes é garantir o crescimento e o crescimento da parte aérea com um volume limitado de substrato. Assim, quanto menor for o espaço disponível às raízes, mais difícil será o suprimento de fatores de produção que assegurem satisfatório crescimento e desenvolvimento da muda. Entretanto, a absorção de nutrientes e água, a respiração e a produção, são afetadas pela restrição das raízes e, portanto, o volume de substrato, que é determinado pelo tamanho do recipiente, é um fator importante para o crescimento das mudas e, consequentemente, no desenvolvimento da planta no campo (SANTOS et al., 2012). Mudas com sistema radicular pouco desenvolvido, quando transplantadas para o campo, têm dificuldade

de compensar a evapotranspiração, mesmo se bem irrigadas (DURNER et al., 2002).

Por outro lado, o maior volume de substrato disponível para a formação da muda resulta em maior massa fresca e seca, maior número de folhas e maior altura de plantas, o que sugere que as mudas com um bom desenvolvimento inicial poderão ser transplantadas em um menor espaço de tempo (HUANG et al., 2011). Entretanto, maior volume de substrato eleva o custo da muda.

A tecnologia de produção de mudas em bandejas já é bem conhecida e adaptada para diversas culturas hortícolas. No entanto, para a cultura do morangueiro existem poucos estudos, havendo a necessidade de adequação desta técnica. Com base nisso, o ajuste no volume de substrato é fundamental para que a muda assim produzida seja economicamente viável, e assegure adequado fornecimento de água, luz e nutrientes até que a muda atinja as condições necessárias para o transplante. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do volume de substrato no crescimento, desenvolvimento de mudas e produção de frutas do morangueiro em bandejas.

4.2 - Material e Métodos

O experimento foi conduzido na área experimental pertencente à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), no Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado (CPACT), Pelotas-RS, cuja localização geográfica é de: 31°40'S e 52°26'W; 60 m de altitude, no período de fevereiro a dezembro de 2011. O solo da área experimental é um Argissolo Vermelho eutrófico típico (SANTOS et al., 2006). A classificação do clima da região, conforme Köppen é do tipo “cfa” – clima temperado, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano e verões quentes (MOTA et al., 1986).

4.2.1 - Formação das mudas

As mudas de morangueiro, para o plantio no campo foram produzidas em casa de vegetação, pertencente a Embrapa Clima Temperado, a partir de plantas matrizes micropropagadas e aclimatizadas em sistema semi-hidropônico, utilizando como substrato casca de arroz carbonizada. As matrizes, provenientes da cultura de

tecidos, adquiridas da empresa Multiplanta, sediada em Minas Gerais foram plantadas em meados de setembro de 2010 e emitiram estolões durante a primavera e verão, quando as temperaturas foram mais elevadas e o fotoperíodo longo, constituindo as condições ideais para a propagação vegetativa. A irrigação e fertirrigação foram feitas através de fitas gotejadoras e a nutrição feita através de solução nutritiva recomendada por Furlani e Fernandes Junior (2003).

As mudas comerciais foram obtidas no início de março, a partir de pontas de estolão emitidas pelas plantas matrizes e colocados para enraizar em bandejas contendo substrato, originando mudas com torrão. Os estolões foram coletados durante o período da manhã, sendo realizada a limpeza e preparação dos mesmos para o plantio. Foram descartados os propágulos velhos, com os primórdios radiculares suberizados e aqueles muito jovens, que não apresentavam desenvolvimento de primórdios radiculares. Os propágulos foram padronizados conforme o diâmetro da coroa, sendo utilizados aqueles com diâmetro entre 5 e 7 mm e mantidos apenas os dois trifólios mais jovens.

O enraizamento dos propágulos foi realizado em bandejas de polietileno preto, com diferentes tamanhos de células, fabricadas pela empresa Agrototal, de Holambra, SP. Os tratamentos consistiram em bandejas com os seguintes volumes de alvéolos: 50, 100, 180 e 312 mL e duas cultivares de morangueiro: Camarosa (dias curtos) e Aromas (dias neutros). As bandejas foram preenchidas com substrato comercial (HS Hortaliças), produzido pela empresa Holambra Substratos e formulado à base de casca de pinus compostada, turfa vegetal e vermiculita, com alto teor de matéria orgânica. Após o plantio dos propágulos nas bandejas correspondentes a cada tratamento, as mesmas permaneceram em câmara de nebulização, com frequência de irrigação de 10 segundos a cada 5 minutos, durante dez dias. Após este período, foram transferidas para as bancadas de crescimento onde foram mantidas até o momento da avaliação, 45 dias após o plantio das pontas de estolão nas bandejas. Durante este período foram irrigadas por microaspersão e fertirrigadas três vezes por semana, com solução nutritiva recomendada por Furlani e Fernandes Junior (2003) diluída para 50% da concentração inicial. Antes do plantio, as bandejas com as mudas foram acondicionadas em câmara fria durante dez dias, a temperatura de $4,0^{\circ}\text{C} \pm 0,1^{\circ}\text{C}$, com luz artificial através de lâmpadas fluorescentes, para auxiliar na indução floral das mudas e consequentemente, na

precocidade da produção de frutas. Após esse período, as mudas foram aclimatizadas em condições naturais de radiação solar e temperatura, durante quatro dias, antes do plantio.

4.2.2 - Cultivo a campo

4.2.2.1 - Preparo do solo

O preparo do solo foi realizado através de aração, gradagem e encanteiramento. A correção da fertilidade do solo foi feita de acordo com os resultados da análise, baseado na recomendação para a cultura do morangueiro descritas no Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do sul e Santa Catarina (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO/RS, 2004). Para a correção do pH utilizou-se calcário dolomítico com PRNT de 98%.

Após a adubação, instalou-se o sistema de irrigação por gotejamento, com duas linhas de fitas gotejadoras em cada canteiro e espaçamento entre gotejadores de 0,15 m. Posteriormente, colocou-se o mulching de cor preta, com 40 µm de espessura para cobertura dos canteiros, a fim de evitar o contato dos frutos com o solo, além de melhorar as condições de umidade e controlar a população de invasoras.

4.2.2.2 - Sistema de cultivo

O plantio das mudas no campo foi feito no dia 19 de abril de 2011. O sistema de produção utilizado foi o convencional, em canteiros com um metro de largura, 0,25 m de altura e 20 m de comprimento, com três fileiras de plantas em cada canteiro, em espaçamento de 0,30 m entre plantas e 0,30 m nas entrelinhas. Sobre os canteiros foram construídos túneis baixos, com filme de polietileno de baixa densidade (PEDB) transparente com 100 µm de espessura.

4.2.2.3 - Manejo da cultura

O controle do aumento excessivo da temperatura, bem como a renovação do ar no interior dos túneis, foi realizado mediante a abertura lateral do plástico de revestimento nas primeiras horas da manhã e fechamento no entardecer. Em dias de chuva e ventos fortes, foram mantidos parcial ou totalmente fechados, dependendo das condições climáticas. O controle fitossanitário foi realizado através de monitoramento das plantas e conforme o aparecimento dos sintomas, medidas de controle químico foram aplicadas. O controle de plantas daninhas, a remoção de folhas secas ou com sintomas de doenças, de estolões e de frutas com sintomas de doenças foram realizadas manualmente durante todo o ciclo da cultura. A fertirrigação foi realizada com frequências semanais, através do sistema de irrigação por gotejo, levando em consideração as recomendações técnicas para a cultura (SANTOS e MEDEIROS, 2003). As irrigações e fertirrigações durante todo o ciclo da cultura foram feitas por sistema de gotejo e baseadas nas recomendações de Santos e Medeiros (2003).

4.2.5 - Avaliações

4.2.5.1 - Nas mudas

No momento do plantio a campo, amostras constituídas de 20 mudas por tratamento foram selecionadas para realizar as seguintes avaliações: diâmetro de coroa (mm), com o auxílio de um paquímetro digital, número de folhas, através de contagem, massa seca de parte aérea (g) e massa seca de raízes (g), obtidas após secagem em estufa de circulação forçada de ar, na temperatura de 65°C, até obter massa constante entre duas determinações consecutivas.

4.2.5.2 - No campo

Avaliou-se a sobrevivência das mudas, semanalmente, durante as primeiras três semanas. Contabilizou-se o número de folhas por planta no pleno florescimento,

quando 50% das plantas continham ao menos uma flor e a data de início da produção, considerada quando foi colhida a primeira fruta na parcela.

A colheita iniciou no mês de junho, estendendo-se até 27 de dezembro do mesmo ano. As frutas foram colhidas quando apresentavam 100% da epiderme com coloração avermelhada, no estágio de maturação completa, correspondente ao estágio fenológico 87 (MEIER et al., 1994), sendo contadas e pesadas em balança digital. O somatório do número e massa de frutas obtidas em todas as colheitas ao longo do experimento foi dividido pelo número de plantas na parcela experimental, para obter-se a produção (g planta^{-1}). Já o tamanho médio de fruta (g fruta^{-1}) foi obtido pelo quociente entre a massa fresca por planta e o número de frutas por planta. Para as avaliações, foram contabilizadas apenas as frutas comerciais, sendo selecionadas com base na massa fresca. Frutas com massa fresca inferior a três gramas foram consideradas não comerciais e descartadas (CEAGESP, 2002). Foi considerada produção precoce aquela até o final do mês de setembro.

4.2.6 - Delineamento experimental e análise estatística

O experimento foi conduzido em delineamento blocos casualizados, com quatro repetições e nove plantas em cada unidade experimental. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, através do Programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011). As correlações entre os parâmetros avaliados foram analisadas através coeficiente de correlação de Pearson ($p < 0,05$).

4.3 - Resultados e discussão

Houve interação significativa entre as cultivares e volumes de substrato, para os parâmetros diâmetro da coroa, número de folhas e massa seca de parte aérea, avaliados no momento do plantio (Tabela 1). Para 'Aromas' o uso de bandejas contendo alvéolos com maior volume (312 mL) resultou em mudas com maior diâmetro de coroa (DC), número de folhas (NF) e massa seca de parte aérea (MSPA), sendo significativamente superior aos demais tratamentos avaliados (Tabela 1). Para 'Camarosa' os resultados foram semelhantes, com exceção do número de folhas, que apesar de significativo, não apresentou diferença entre os

volumes. A comparação entre as cultivares dentro de cada volume de substrato revelou comportamento semelhante entre ambas para a maioria dos parâmetros avaliados. Em alvéolos com menores volumes (50 e 100 mL), obteve-se maior crescimento das mudas de Camarosa em relação à 'Aromas'. Entretanto, quando acondicionadas em alvéolos com volumes superiores (180 e 312 mL), notou-se desempenho similar entre as cultivares.

Tabela 1 - Diâmetro da coroa (DC), número de folhas (NF) e massa seca de parte aérea (MSPA) em mudas de morangueiro das cultivares Aromas e Camarosa, desenvolvidas em diferentes volumes de alvéolo da bandeja. Pelotas, 2014.

Volumes de alvéolo (mL)	DC (mm)		NF		MSPA (g)	
	Aromas	Camarosa	Aromas	Camarosa	Aromas	Camarosa
50	5,5 c B*	6,4 b A	3,5 c A	3,9 a A	1,0 b A	0,4 c B
100	5,7 c B	6,6 b A	2,9 c B	4,1 a A	1,1 b A	0,3 c B
180	6,9 b A	6,7 b A	4,6 b A	4,1 a A	1,3 b A	1,1 b A
312	8,2 a A	8,2 a A	5,8 a A	4,9 a B	1,8 a A	1,8 a A
C.V. (%)	6,1		12,7		18,3	

*Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

As primeiras frutas começaram a ser colhidas em meados de junho de 2011, cerca de 50 dias após o transplante das mudas, correspondendo ao início do inverno, período este que corresponde a baixa oferta da fruta no mercado e, consequentemente preços mais elevados, constituindo-se, assim, uma excelente alternativa para os produtores que almejam melhores rendimentos com a cultura. A precocidade de produção de frutas, definida como o número de dias transcorridos desde o plantio até o início da colheita, não foi significativa entre as cultivares Camarosa e Aromas. Entretanto, este parâmetro apresentou resposta significativa em relação ao volume do alvéolo na bandeja de produção da muda. Assim, menor intervalo entre o plantio e a colheita das primeiras frutas foi observada em mudas produzidas em maior volume de alvéolos (54 dias), não diferindo dos volumes 100 e 180ml que produziram as primeiras frutas 59 dias após o plantio. Cocco et al. (2010) esclarecem que o estado fisiológico da muda e as condições nas quais as mudas são produzidas afetam a indução floral e, consequentemente, a precocidade de produção das cultivares de morangueiro. Assim, mudas vigorosas apresentam maior sensibilidade ao fotoperíodo e temperatura, estimulando a indução floral antecipadamente (KUROKURA et al., 2013).

A massa seca de raízes, o número de folhas no pleno florescimento e a precocidade não foram influenciados pela interação entre os fatores estudados. Mudanças com maior massa seca de raízes foram obtidas utilizando-se bandejas com alvéolos de 312 mL, diferindo dos demais volumes (Tabela 2), provavelmente, devido à maior disponibilidade de fatores de crescimento, como nutrientes, água e maior aeração. De maneira geral, observou-se que bandejas com células de maior volume de substrato a ser explorado propiciaram melhor desenvolvimento da muda. As mudas produzidas em bandejas de 50 e 100 mL apresentaram os menores valores de massa seca de raízes, não diferindo entre si, possivelmente devido a uma limitação no crescimento do sistema radicular causada pelo espaço reduzido. Neste sentido, apesar do maior gasto com substrato, em função de um maior volume de células, a formação da muda deve ser considerada, visando o sucesso após o transplante, que pode resultar em maior produtividade. Estes resultados são de grande importância, conforme mencionado por Huang et al. (2011), que relatam que quanto maior a quantidade de raízes, maior a quantidade de nutrientes disponíveis no intervalo entre o transplante e a formação de novas raízes. Özdemir et al. (2013) afirmam que um bom enraizamento e a retomada do crescimento da planta após o choque do processo de transplante são favorecidos por tecidos ricos em matéria seca.

Tabela 2 - Massa seca de raízes (MSR) em mudas de morangueiro no plantio, número de folhas no pleno florescimento (NFPF) e número de dias desde o plantio até a primeira colheita (NDIP), em plantas de morangueiro provenientes de mudas produzidas com diferentes volumes de alvéolos na bandeja. Pelotas, 2014.

Cultivares	MSR (g planta ⁻¹)	NFPF	Precocidade dias
Aromas	0,7 b*	6,1 b	57,7 ^{ns}
Camarosa	0,8 a	8,2 a	59,8
Volumes de substrato (mL)			
50	0,5 c	5,0 b	64 a
100	0,6 c	5,4 b	59 ab
180	0,8 b	6,1 ab	59 ab
312	1,1 a	8,1 a	54 b
C.V.(%)	14,6	19,1	9,2

*Médias seguidas por letras distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

No pleno florescimento a campo, a contagem do número de folhas confirmou os resultados obtidos no momento do plantio para este mesmo parâmetro. As mudas produzidas em bandejas com alvéolos de maior volume produziram maior número de folhas, diferindo dos demais. As mudas produzidas em bandejas com volumes menores, embora tenham incrementado esta variável após o plantio, mantiveram sua condição de qualidade inferior. Em relação às cultivares, Camarosa apresentou maior produção de folhas, com média de 8,2 folhas por planta diferindo de Aromas, que apresentou 6,1 folhas. Segundo Bartczak et al. (2010), a produção de frutas no morangueiro depende da produção fotossintética, a qual está estreitamente relacionada ao tamanho do aparato de assimilação da planta. Assim, plantas com maior número de folhas possuem uma capacidade fotossintética mais elevada, resultando em melhor suprimento de carboidratos durante a frutificação.

Os parâmetros produtivos avaliados não foram influenciados pela interação entre as cultivares e volume de alvéolos nas bandejas (Tabela 3). No período precoce, considerado aquele entre os meses de junho e setembro, o número de frutas produzidas foi superior na cultivar Camarosa, com 23,8 frutas planta⁻¹, diferindo de 'Aromas', que produziu em média 21,0 frutas. No entanto a massa fresca de frutas produzidas foi similar entre as duas cultivares no período considerado, sendo 419,6 g planta⁻¹ para a cultivar Aromas e 462,2 g planta⁻¹ para 'Camarosa'. Considerando-se o ciclo total de produção de frutas, que foi de junho a dezembro, a produção, em número e massa fresca de frutas, não diferiu significativamente entre as cultivares avaliadas, com média de 58,7 frutas planta⁻¹ e 912,9 g planta⁻¹. Apesar de se tratar de cultivares com respostas diferenciadas ao fotoperíodo e características morfológicas distintas, a semelhança na produção de frutas entre as duas cultivares não é surpreendente, uma vez que resultados semelhantes foram também verificados em outros estudos. Oliveira e Scivittaro (2006), avaliando o desempenho agrônomo das cultivares Camarosa e Aromas, a partir de mudas com raízes nuas, no município de Pelotas-RS, obtiveram produção de 569,6 g planta⁻¹ utilizando 'Camarosa' e 510,4 g planta⁻¹ com 'Aromas', valores estes inferiores aos encontrados no presente estudo. As diferenças observadas entre os dois estudos podem ser explicadas, principalmente em razão da data de transplante das mudas no estudo conduzido por estes autores, que ocorreu no final do outono, quando as condições climáticas do período não são favoráveis ao crescimento vegetativo, reduzindo o período de colheita e, consequentemente a

produção. Calvete et al. (2010) corroborando os resultados obtidos no presente estudo obtiveram desempenho semelhante entre as cultivares Camarosa e Aromas, a partir de mudas com raízes nuas e cultivadas em ambiente protegido no município de Passo Fundo, em ausência do agente polinizador *Apis mellifera*, com valores de 907,5 e 880,6 g planta⁻¹, respectivamente.

O volume de alvéolos disponível para o meio radicular durante o crescimento das mudas nas bandejas influenciou a produção precoce de frutas, tanto em número quanto em massa fresca de frutas (Tabela 3). As mudas crescidas em bandejas contendo alvéolos com maior volume (312 mL) apresentaram maior número e massa fresca de frutas no período precoce de produção, com 27,0 frutas planta⁻¹ e 529,3 g planta⁻¹, respectivamente, diferindo dos demais volumes avaliados. A massa fresca de frutas precoces foi 33,9% superior em mudas crescidas em bandejas contendo alvéolos com 312 mL em relação àquelas crescidas em alvéolos de 50 mL, não havendo diferença significativa para este parâmetro entre as mudas produzidas em bandejas contendo 50, 100 ou 180 mL de substrato.

Considerando-se o período total de produção, os volumes de substrato nas bandejas de produção das mudas não influenciaram o número de frutas produzidas no campo, no entanto influenciaram significativamente a massa fresca de frutas. Mudas produzidas em bandejas com volume de alvéolos de 312 mL, produziram 1.034,5 g planta⁻¹ de morangos, não diferindo daquelas produzidas em alvéolos de 50 e 180 mL. O tamanho médio de frutas, tanto no período precoce, como aquele obtido no ciclo total de produção, não foram influenciados pelas cultivares, nem pelo volume de substrato no alvéolo durante o crescimento da muda, com média de 19,7 e 15,6 g fruta⁻¹, respectivamente. A elevada produção de frutas obtida neste estudo, especialmente aquela referente ao período precoce, confirma a capacidade deste tipo de muda como alternativa ao plantio antecipado, em conjunto com adequadas práticas de cultivo e de manejo das plantas no campo, concordando com os resultados obtidos por Rahman et al. (2014).

No Rio Grande do Sul, a máxima concentração na oferta da fruta ocorre nos meses de setembro a novembro, quando todas as áreas produtoras encontram-se em plena produção. Esta concentração de produto geralmente provoca uma redução do preço de venda no mercado, que ao contrário, se mantém elevado até o mês de agosto. Assim, torna-se evidente a necessidade, por parte dos produtores, de utilizar técnicas que possibilitem a produção antecipada com preços mais vantajosos.

Tabela 03 - Produção precoce e total de frutas de morangueiro provenientes de mudas produzidas com diferentes volumes de alvéolo da bandeja. Pelotas, 2014.

Cultivares	Produção precoce			Produção total		
	Número	Massa fresca	Tamanho médio	Número	Massa fresca	Tamanho médio
		(g planta ⁻¹)	(g fruta ⁻¹)		(g planta ⁻¹)	(g fruta ⁻¹)
Aromas	21,0 b*	419,6 a	20,0 ^{ns}	59,3 ^{ns}	920,0 ^{ns}	15,5 ^{ns}
Camarosa	23,8 a	462,2 a	19,4	58,2	905,9	15,7
Média	22,4	440,9	19,7	58,7	912,9	15,6
Volume de substrato (mL)						
50	19,4 b	395,2 b	20,4 ^{ns}	58,4 ^{ns}	911,0 ab	15,7 ^{ns}
100	21,0 b	405,6 b	19,2	54,6	822,4 b	15,1
180	22,0 b	433,4 b	19,7	56,9	883,8 ab	15,5
312	27,0 a	529,3 a	19,6	65,2	1034,5 a	15,9
Média	22,4	440,9	19,7	58,7	912,9	15,6
C.V.(%)	12,6	14,1	6,4	14,8	15,5	5,4

*Médias seguidas por letras distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

A obtenção de mudas de morangueiro mais desenvolvidas ao utilizarem-se recipientes com maior volume de substrato foi verificada também por outros autores (BISH et al., 2002; GIMÉNEZ et al, 2009; HUANG et al., 2011). Estes estudos tem relatado que o tamanho da célula ou o volume do recipiente podem causar restrições ao crescimento radicular. Em decorrência há um impacto negativo no crescimento da parte aérea, podendo inclusive afetar a recuperação da planta ao estresse pós transplante e seu crescimento posterior no campo (SANTOS et al., 2012), devido a dificuldade de compensar a evapotranspiração, mesmo quando bem irrigadas. Bish et al. (2002) na Flórida, avaliaram o desempenho de mudas com torrão de morangueiro produzidas em recipientes com volumes de 75, 150 e 300 mL, e concluíram que mudas maiores e mais vigorosas foram produzidas em volumes de 150 e 300 mL, com efeito positivo sobre a produção precoce de frutas. Em estudo semelhante, Huang et al. (2011), em estudo conduzido na Flórida, avaliaram o volumes de alvéolos de 63, 86, 124 e 162 mL, e constataram que o volume de substrato nas bandejas durante o crescimento das mudas influenciou a produção precoce e total das plantas, sendo os melhores resultados obtidos em bandejas com alvéolos maiores. No entanto, em estudo conduzido por Giménez et al. (2009), no município de Santa Maria, RS, utilizando recipientes com volumes de 26,5, 50, 100 e 150 mL para a produção de mudas com torrão, os autores

observaram que a produção precoce e total de frutas não foi influenciada e concluíram que recipientes com 100 cm³ possibilitaram a otimização do crescimento das mudas, com produção total de 921 g planta⁻¹.

A produção precoce de frutas no morangueiro está diretamente correlacionada à qualidade da muda no momento do plantio. Mudanças mal formadas podem debilitar e comprometer todo o desenvolvimento da cultura, aumentando seu ciclo e levando a perdas na produção. Os parâmetros de qualidade em mudas com torrão, que possuem maior influência na produção do morangueiro são o diâmetro da coroa, o volume e qualidade do sistema radicular e a massa da parte aérea (MENZEL e SMITH, 2012). Segundo Bartczak et al. (2010), o crescimento e a produção da planta dependem da produção fotossintética, a qual é determinada pelo tamanho do aparato de assimilação.

Para o diâmetro da coroa e massa seca das plantas, as mudas obtidas em alvéolos com menor volume (50 mL), de maneira geral, apresentaram menor crescimento em comparação com aquelas de 312 mL, e este tipo de resposta foi semelhante para o número de frutas e massa fresca no período precoce de produção. Obteve-se correlação de Pearson significativa entre os parâmetros biométricos considerados (DC, MSPA e MSR) e a produção de frutas no período precoce (Figura 1A, 1B, 1C). A relação linear entre as variáveis demonstra que um incremento nos parâmetros vegetativos da muda corresponde a um aumento na produção precoce de frutas (g planta⁻¹). Bartczak et al. (2010), obtiveram correlação significativa e positiva entre parâmetros de qualidade da muda como a massa seca de parte aérea, número de coroas, número e comprimento de raízes com a produção de frutas a partir de mudas com torrão na Polônia, corroborando os resultados obtidos no presente estudo.

Obteve-se correlação significativa entre a massa seca de raízes com os demais parâmetros de qualidade da muda. Quanto maior o diâmetro da coroa (Figura 1D), massa seca de parte aérea (Figura 1E) e número de folhas (Figura 1F), maior a produção precoce de frutas. Por sua vez, a massa seca de raízes está diretamente associada com o diâmetro da coroa, a massa seca de parte aérea e o número de folhas, confirmando a importância das raízes e coroa na qualidade da muda com torrão.

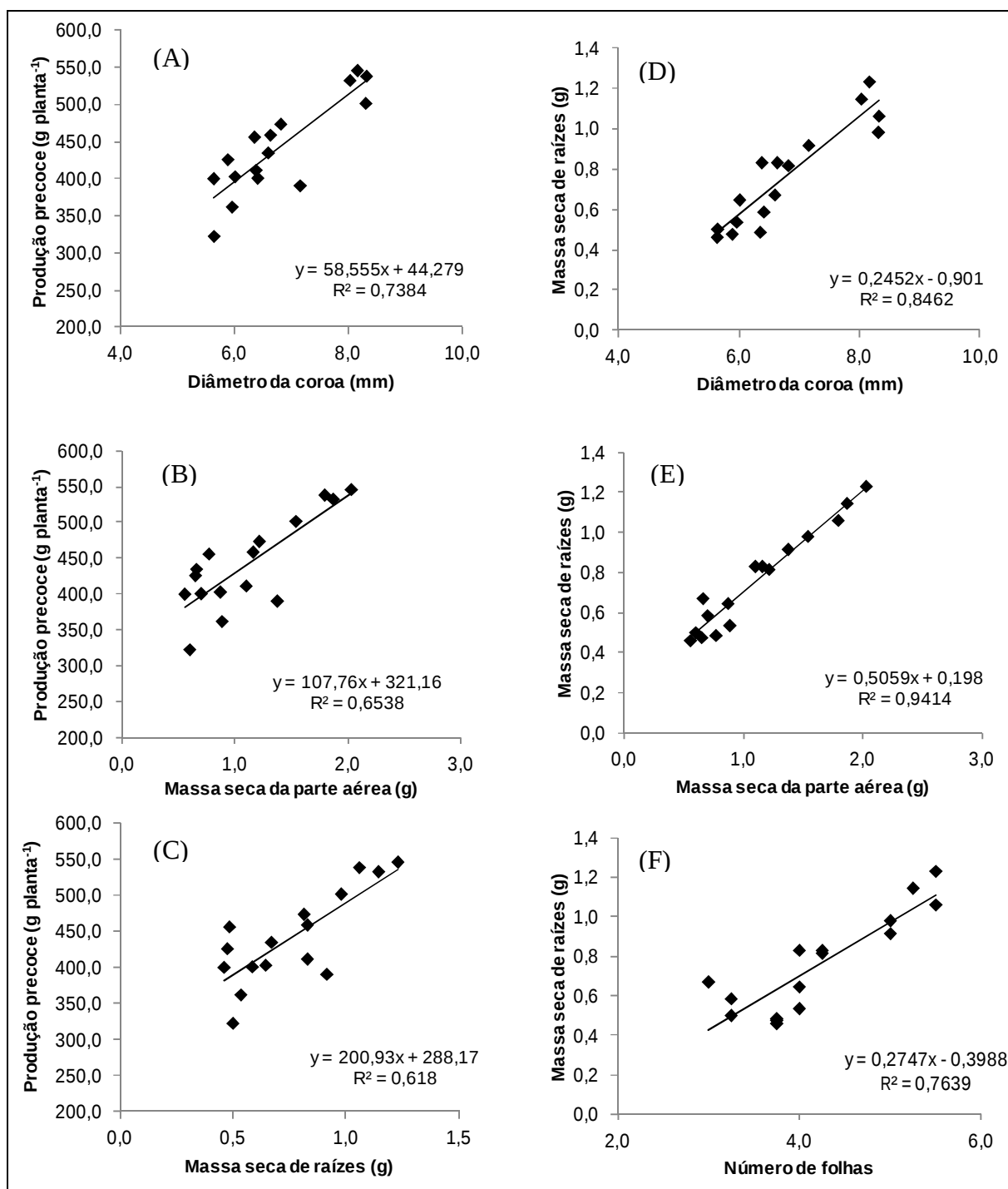


Figura 1 – Correlação entre os parâmetros de qualidade da muda e a produção de frutas no período precoce: Diâmetro da coroa (A), massa seca da parte aérea (B) e massa seca de raízes (C) e correlação entre parâmetros vegetativos com a massa seca de raízes: Diâmetro da coroa (D), massa seca de parte aérea (E) e número de folhas (F). Significativo a 5% de probabilidade de erro. Pelotas, 2014.

A principal explicação para estas diferenças pode ser atribuída à restrição no crescimento das mudas proporcionada pela limitação de volume a ser explorado. Volumes maiores de substrato possibilitam maior crescimento do sistema radicular,

consequentemente, com maior aporte hídrico e nutricional, maior massa vegetativa foi produzida, gerando maior acúmulo de substâncias de reserva na coroa através da fotossíntese (SANTOS et al., 2012). Esta hipótese é sustentada pelos resultados obtidos neste trabalho com mudas produzidas em bandejas contendo maior volume de alvéolos. Como resultado disso, é possível obter mudas mais vigorosas no momento do transplante no campo, influenciando positivamente seu desempenho durante o período inicial da frutificação, quando parte da produção é dependente das reservas acumuladas durante o crescimento da muda (RUAN et al., 2009).

A produção de mudas em alvéolos com volumes reduzidos, apesar de mais econômica do ponto de vista do uso de substrato e espaço físico no ambiente de crescimento, pode ser prejudicial à produção, pois em alvéolos com pequeno volume o espaço físico e a quantidade de substrato podem ser insuficientes para o crescimento adequado, podendo limitar a expressão do potencial genético das cultivares (GIMÉNEZ et al., 2009). A principal causa é devido a maior concentração de raízes em alvéolos menores, com maior demanda de oxigênio e de renovação de CO₂. Além disso, a produção de mudas em células menores requer irrigações mais frequentes para suprimento da demanda de água, pois a quantidade de substrato pode não ser suficiente para retenção de água necessária para manter a taxa de crescimento da muda (HUANG et al., 2011). No entanto, irrigações muito frequentes podem ocasionar a lixiviação de nutrientes, sendo necessária uma complementação mineral. Por outro lado, pode-se levantar como desvantagem do uso de bandejas com células de maior volume, o maior gasto com substrato, aliado à menor produção de mudas por área em ambiente protegido.

Notou-se, durante o transplante no campo, que o sistema radicular das mudas produzidas em alvéolos com maior volume não envolviam completamente o torrão de substrato, acarretando, em alguns casos, o rompimento de parte do torrão, dificultando a operação de plantio. Isso indica que o período de 55 dias em que as mudas permaneceram neste volume de alvéolo não foi suficiente para o sistema radicular explorasse todo o volume de substrato disponível. Bish et al. (2002) explicam que as mudas precisam de aproximadamente 10 semanas para extrair o máximo benefício em alvéolos com 150 a 300 mL, dependendo das condições climáticas durante o período de crescimento da muda no verão. No norte da Europa, as mudas permanecem em torno de 4 meses nestes recipientes maiores, sendo plantadas com botões florais já emitidos, para a produção precoce de frutas.

O uso de bandejas com volumes de alvéolos maiores possibilita a obtenção de mudas com elevada qualidade fisiológica e potencial produtivo. No entanto, para a produção comercial de mudas com torrão o custo deve ser levado em consideração de maneira a otimizar o uso de substrato e espaço físico em ambiente protegido, sem prejuízos na qualidade da muda. Estudos adicionais devem ser conduzidos com foco na definição da melhor data de plantio para este tipo de muda, em cada região produtora. Além disso, faz-se necessário avaliar a interação entre o tempo de crescimento da muda na bandeja com o volume das células e seu efeito sobre o crescimento da coroa e sistema radicular e a produção precoce no campo.

Por fim, mudas com torrão de morangueiro podem ser utilizadas com sucesso para a produção precoce de frutas em regiões de clima mais frio, como o Rio Grande do Sul, reduzindo assim, a dependência de mudas importadas e aumentando a rentabilidade para os produtores.

4.4 - Conclusões

Maior precocidade de produção é obtida em mudas com torrão produzidas em recipientes com volume de alvéolos de 312 mL, em decorrência do maior diâmetro da coroa e massa seca de parte aérea e raízes.

4.5 - Referências

- ANDRIOLO, J. L. Preparo e manejo da solução nutritiva na produção de mudas e de frutas do morangueiro. In: SEMINÁRIO SOBRE O CULTIVO HIDROPÔNICO DO MORANGUEIRO, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2007, 60 p.
- ANTUNES, L. E. C.; COCCO, C. Tecnologia para a produção de frutas e mudas do morangueiro. **Agropecuária Catarinense**, v. 25, n. 2, p. 61-65, 2012.
- ANTUNES, L. E. C.; PERES, N. A. Strawberry Production in Brazil and South America. **International Journal of Fruit Science**, v. 13, n. 1-2, 2013.
- BISH, E. B., CANTLIFFE, D. J.; CHANDLER, C. K. Temperature conditioning and container size affect early season fruit yield of strawberry plug plants in a winter, annual hill production system. **HortScience** v. 37, p. 762–764, 2002.
- CALVETE, E. O.; ROCHA, H. C.; TESSARO, F.; CECCHETTI, D.; NIENOW, A. A.; LOSS, J. T. Polinização de morangueiro por *Apis mellifera* em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 1, p. 181-188, 2010.

CARACCIOLO, G.; MONCADA, A.; PRINZIVALLI, C.; D'ANNA, F. Effects of planting dates on strawberry plug performance in Sicily. **Acta Horticulturae**, v. 842, p. 155–158, 2009.

CEAGESP. **Normas de classificação de morango**. São Paulo: CQH/CEAGESP. Documento, 22. 6 p. 2002.

COCCO, C.; ANDRIOLO, J. L.; ERPEN, L.; CARDOSO, F. L.; CASAGRANDE, G. S. Development and fruit yield of strawberry plants as affected by crown diameter and plantlet growing period. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 7, p. 730-736, 2010.

DAVALOS-GONZALEZ, P. A.; NARRO-SANCHEZ, J.; JOFRE-GARFIAS, A.E.; HERNANDEZ RAZO, A. R.; VAZQUEZ-SANCHEZ, M. N. Influence of the genotype, type of plant and population density on strawberry productivity and fruit quality under macrotunnel. **Acta Horticulturae**, v. 842, p. 91–94, 2009.

DURNER, E. F.; POLING, E. B.; MAAS, J. L. Recent advances in strawberry plug transplant technology. **HortTechnology**, v. 12, p. 545-550, 2002.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FURLANI, P. R.; FERNANDEZ JÚNIOR, F. Cultivo hidropônico de morango em ambiente protegido. In: Simpósio Nacional do Morango & Encontro de Pequenas Frutas e Frutas Nativas do Mercosul, 2., 2004, Pelotas. Anais... Pelotas: Corrêa Antunez, L.E. et al. (Ed.). EMBRAPA, 2004. p.102-115. (Documentos 124).

GIMÉNEZ, G.; ANDRIOLO, J. L.; JANISCH, D.; COCCO, C.; PICIO, M. D. Cell size in trays for the production of strawberry plug transplants. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 7, p. 726-729, 2009.

HUANG, P. W.; SANTOS, B. M.; WHITAKER, V. M. Effects of cell size on the production of containerized strawberry transplants in Florida. **Proceedings Florida State Horticultural Society**, v. 124, p. 184–187, 2011.

KUROKURA, T.; MIMIDA, N.; BATTEY, N. H.; HYTÖNEN, T. The regulation of seasonal flowering in the Rosaceae. **Journal of experimental botany**, v. 64, n. 14, p. 4131-4141, 2013.

MEIER, U.; GRAF, H.; HACK, M.; HESS, M.; KENNEL, W.; KLOSE, R.; MAPPES, D.; SEIPP, D.; STAUSS, R.; STREIF, J.; VAN DEN BOOM, T. 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.

MENZEL, C. M.; SMITH, L. Effect of Time of Planting and Plant Size on the Productivity of 'Festival' and 'Florida Fortuna' Strawberry Plants in a Subtropical Environment. **HortTechnology**, n. 22, v. 3, p. 330-337, 2012.

MENZEL, C. M.; TOLDI, A. An evaluation of containerized plants for strawberries growing in a subtropical environment. **HortTechnology**, v. 20, n. 4, p. 786-793, 2010.

MOTA, F. S.; BEIRSDORF, M. I. C.; ACOSTA, M. J. **Estação Agroclimatológica de Pelotas**: realizações e programa de trabalho. Pelotas: UFPEL, 1986.

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

ÖZDEMİR, E.; KAŞKA, N.; GÜNDÜZ, K.; SERÇE, S. Effects of short day conditioning, chilling and GA3 treatments to yield and fruit quality in strawberry plug transplants aiming early fruit production. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v. 41, n. 1, p. 263-268, 2013.

RAHMAN, M. M.; RAHMAN, M. M.; HOSSAIN, M. M.; KHALIQ, Q. A.; MONIRUZZAMAN M. Effect of planting time and genotypes growth, yield and quality of strawberry (*Fragaria*×*ananassa* Duch.). **Scientia Horticulturae**, v. 167, p. 56-62, 2014.

RUAN, J.; YOON, C.; YEOUNG, Y.; LARSON, K. D.; PONCE, L. Efficacy of highland production of strawberry transplants. **African Journal of Biotechnology**, v. 8, n. 8, p. 1497-1501, 2009.

SANTOS H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2ª ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos. 2006. 306p.

SANTOS, A. M.; MEDEIROS, A. R. M. **Morango**: produção frutas do Brasil. 40 ed. Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado, 2003. 81 p.

SANTOS, B. M., STANLEY, C. D.; WHIDDEN, A. J.; SALAME-DONOSO, T. P., WHITAKER, V. M.; HERNANDEZ-OCHOA, I. M.; HUANG, P. W.; TORRES-QUEZADA, E. A. Improved Sustainability through Novel Water Management Strategies for Strawberry Transplant Establishment in Florida, United States. **Agronomy**, v. 2, n. 4, p. 312-320, 2012.

SBCS-SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: SBCS/CQFS. 400p, 2004.

TAKEDA, F.; NEWELL, M. Effects of runner tip size and plugging date on fall flowering in short-day strawberry (*Fragaria*×*ananassa* Duch.) cultivars. **International Journal of Fruit Science**, v. 6, n. 4, p. 103-117, 2007.

VERDIAL, M. F.; NETO, J. T.; MINAMI, K.; FILHO, J. A. S.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; SCARPARE, F. V.; KLUGE, R. A. Fisiologia de mudas de morangueiro produzidas em sistema convencional e em vasos suspensos. **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 31, n. 2, p. 524-531, 2009.

5. Capítulo 3

Produção, qualidade físico-química e compostos bioativos em frutas de morangueiro provenientes de diferentes áreas produtivas italianas.

5.1 – Introdução

Os seres humanos são expostos a uma série de agentes oxidantes que podem causar danos a biomoléculas, tais como lipídeos, proteínas e ácidos nucleicos, e estão ligados a um grande número de patologias, incluindo doenças cardiovasculares, certos tipos de câncer, dislipidemia e envelhecimento celular (AABY et al., 2012). Estudos epidemiológicos sugerem menor incidência de doenças crônicas não-transmissíveis (DCNT) associada ao consumo de frutas e verduras (BASU et al., 2009; WANG e STONER, 2008). Esse efeito é decorrente da presença de uma série de compostos antioxidantes nesses vegetais, que atuam contra as reações de oxidação celular (GIAMPIERI et al., 2012). Dessa forma, a identificação de fontes vegetais com alta capacidade antioxidante, seja esta derivada de compostos fenólicos e/ou vitaminas, é de extrema importância (CHEEL et al., 2007).

O morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) é a mais popular dentre as pequenas frutas vermelhas, sendo aquela mais consumida, tanto na forma *in natura* quanto processada e, devido ao impacto econômico, é aquela mais estudada do ponto de vista agrônomo, genômico e nutricional (TULIPANI et al., 2011). A sua notável qualidade nutricional está relacionada com elevado conteúdo de vitamina C, ácido fólico e, recentemente, foram constatados níveis elevados de diversos compostos fenólicos, dos quais, muitos apresentam atividade antioxidante *in vitro* e *in vivo* (BORGES et al. 2010; GIAMPIERI et al., 2012).

As características físico-químicas, bem como os compostos bioativos presentes no morango, podem apresentar ampla variação, influenciados por fatores pré e pós-colheita (MAZUR et al., 2014). Dentre os fatores pré-colheita, as condições ambientais a que as plantas são submetidas tais como a técnica de cultivo, o tipo de solo, a altitude e as mudanças climáticas durante o período de maturação das frutas podem explicar, em parte, os diferentes padrões de acumulação de compostos bioativos em morangos (CARBONE et al., 2009; JIN et

al., 2011). Além disso, a base genética pode desempenhar um papel essencial na definição das características de qualidade das frutas e na quantificação de compostos bioativos (CAPOCASA et al., 2008; SCALZO et al., 2008; CARBONE et al., 2009; AABY et al., 2012).

Uma vez que os metabólitos secundários são sintetizados pela planta em resposta a determinados estímulos bióticos e abióticos, existe uma hipótese de que o aumento do estresse a que são submetidas as plantas por razões ambientais, tais como temperaturas altas, restrições hídricas, cultivo orgânico, dentre outros, poderia ser a causa dos elevados níveis de metabolitos secundários nas frutas (YOUNG et al., 2005; ANTTONEN et al., 2006; CARBONE et al., 2009; MAGNANI et al., 2009; CRESPO et al., 2010). Estudos recentes em morangos no norte da Europa mostram que as baixas temperaturas podem aumentar o potencial antioxidante em morangos e também em framboesas (JOSUTTIS et al., 2011). Verificou-se que as baixas temperaturas durante o desenvolvimento das frutas provocaram o incremento no conteúdo de alguns compostos bioativos (principalmente antocianinas e elagitaninos), enquanto o conteúdo de ácido ascórbico elevou-se (REMBERG et al., 2010).

Na Itália, a produção de morango se estende do Norte ao Sul em condições climáticas bastante diversas, apresentando diferenças na época de colheita, cultivares utilizadas e sistemas de produção (CARBONE et al., 2009). As principais áreas produtivas se localizam no sul (regiões da Campania e Basilicata) e ao norte no vale do rio Po (regiões da Emilia Romagna e Vêneto). Atualmente os consumidores estão buscando cada vez mais o conhecimento da composição da fruta e no período de maior consumo de morangos (abril-maio), é possível escolher de diferentes áreas de produção, diferindo em latitude e condição climática.

Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar a produção, as características físico-químicas e os compostos bioativos em morangos produzidos a partir de diferentes genótipos produzidos em três importantes áreas italianas (Verona, Cesena e Scanzano Jonico).

5.2 - Material e Métodos

5.2.1 - Locais de produção e práticas de cultivo

O experimento foi conduzido em 2012 em três diferentes áreas italianas tradicionais no cultivo do morangueiro: Verona (45°43'N/11°00'L), Cesena (44°9'N/12°15'L) e Scanzano Jonico (40°15'N/16°42'L), os quais apresentam diferentes condições climáticas, das características do solo e, conseqüentemente do período de colheita (Tabela 1). Em todos os locais de produção avaliados, a temperatura média do ar foi mensurada desde setembro de 2011 a maio de 2012. A partir do registro da temperatura (°C) mínima (Tmin) e máxima (Tmax) a cada hora, calculou-se a temperatura média, mínima e máxima diária e de cada mês, durante o ciclo produtivo em cada local. Na tabela 1 são apresentadas as principais características climáticas e de solo, para cada uma das áreas de produção estudadas.

Tabela 1 - Características do solo e climáticas, nas diferentes áreas de produção italianas, entre setembro de 2011 e maio de 2012. Pelotas, 2014.

Características	Verona	Cesena	Scanzano Jonico
Latitude	45°45'N.	44°14'N	40°25'N
Composição granulométrica do solo	65% areia 19% silte 16% argila	24% areia 37% silte 39% argila	18% areia 42% silte 40% argila
pH do solo	7,8	7,8	8,0
Matéria orgânica do solo (%)	2,8	1,8	2,1
Data de plantio das mudas	24/08	25/07	04/10
Densidade de plantio (plantas/ha)	65.000	45.000	74.000
Início da colheita (média das cultivares)	18/04	03/05	15/03
Duração do período de colheita (dias)	29	22	70
Coleta das amostras de frutas	30/04	15/05	20/04
Temperatura média diária de setembro a maio	11,4	10,4	13,7
Min (°C)	6,2	5,4	8,8
Max (°C)	16,5	15,9	18,7
Temperatura média diária no mês anterior a coleta das amostras	13,1	12,2	13,6
Min (°C)	7,2	6,2	8,9
Max (°C)	18,7	18,3	19,7

O morangueiro foi cultivado através da aplicação de práticas agrícolas de cultivo em túneis plásticos, nas três áreas de produção, seguindo as normas de manejo integrado da produção, publicada para cada região pelo Serviço Fitossanitário (EMILIA ROMAGNA AGRICOLTURA, 2012). As plantas foram cultivadas em fileiras duplas sobre canteiros cobertos com mulching de polietileno preto.

Os experimentos foram conduzidos com cinco genótipos de dias curtos de morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.), sendo três cultivares comerciais (Nora, Pircinque e Jonica) e duas seleções avançadas provenientes do programa de melhoramento genético do morangueiro no CRA-FRF (CE 51 e CE 56). As mudas frigoconservadas e mudas frescas do tipo raízes nuas, utilizadas para o experimento foram produzidas no viveiro comercial Coviro, localizado no município de Cervia, província de Ravenna, Itália, cuja localização geográfica é 44°15'N 12°22'E, altitude de 5 m acima do nível do mar, sendo caracterizada por solos arenosos. Janeiro é considerado o mês mais frio, com temperatura média de 2,9°C e julho, o mês mais quente, com temperatura média de 22,5°C. A precipitação média anual é em torno de 70 mm, sendo distribuídas regularmente durante o ano. As mudas frigoconservadas do tipo A+, são caracterizadas por diâmetro da coroa entre 12 e 15 mm, sendo realizado um controle mecânico da emissão de estolões pela planta matriz, de modo a manter o elevado padrão de qualidade. A produtividade é de 150.000 a 250.000 mudas por hectare. As mudas frescas do tipo raízes nuas apresentam diâmetro da coroa superior a 8 mm, sendo mantidos os dois folíolos mais jovens, para favorecer uma rápida retomada do crescimento vegetativo. São produzidas em torno de 400.000 mudas por hectare.

O plantio das mudas nos diferentes locais foi feito seguindo o mesmo desenho experimental. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com quatro repetições e 20 plantas por parcela. Em Verona, mudas frigoconservadas do tipo A+ foram plantadas em campo aberto na primeira dezena de agosto de 2011 e a construção dos túneis foi feita no final de setembro. A densidade de plantio utilizada foi de 65.000 plantas ha⁻¹. As primeiras frutas foram produzidas no início de outubro e a produção foi interrompida na metade de novembro, devido às baixas temperaturas durante o inverno. As plantas foram mantidas no campo, em dormência durante o inverno, para obter um novo período de produção na primavera seguinte, a partir de abril (quando foram coletadas as

amostras para o experimento). Em Cesena, mudas frigoconservadas do tipo A+ foram plantadas no final de julho de 2011, com densidade de 45.000 plantas ha⁻¹. Adotou-

se o sistema de produção em cultivo protegido e os túneis plásticos foram colocados em meados de março do ano seguinte (após o florescimento); a colheita das frutas começou no início de maio. Em Scanzano Jonico, mudas com raízes nuas foram plantadas na primeira dezena de outubro, com densidade de 74.000 plantas ha⁻¹ e os túneis foram construídos três semanas após o plantio. A colheita das frutas iniciou nos primeiros dias de março.

5.2.2 - Avaliação da produção e tamanho da fruta

A fim de determinar a produção total nas três áreas, as frutas foram colhidas quando apresentavam a epiderme totalmente vermelha. O intervalo entre as colheitas variou conforme a área de produção e as condições climáticas durante a estação, sendo em média de 4 a 8 dias.

A produção total por planta e por unidade de área (ha) foi calculada pelo somatório dos valores de cada colheita. A produção comercial foi definida como o somatório de frutas inteiras, com diâmetro longitudinal superior a 22 mm, sendo descartadas as frutas menores do que este valor e aquelas mal formadas e/ou podres. O peso médio foi calculado através do quociente entre a massa fresca total produzida e o número total de frutas produzidas.

5.2.3 - Coleta das amostras

A coleta das amostras de frutas para as análises foi feita na metade do período de colheita, quando atingiu-se 50% do período de colheita, em cada área de produção. As amostras foram coletadas entre os dias 20 de abril e 15 de maio. As frutas foram selecionadas pela uniformidade nas dimensões, coloração da epiderme, tamanho e ausência de danos externos e, então preparadas para as análises. Em uma primeira amostra de vinte frutas por tratamento, foram determinados os seguintes parâmetros: coloração da epiderme, firmeza da polpa, sólidos solúveis, acidez titulável e conteúdo de ácido ascórbico. Uma segunda amostra de vinte frutas por tratamento foi coletada e congelada a -20°C durante um mês, sendo

posteriormente liofilizada, moída e utilizada para as seguintes análises: capacidade antioxidante total, compostos fenólicos totais e identificação do perfil fenólico através de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE-DAD).

5.2.4 - Firmeza da polpa e coloração da epiderme

A firmeza da polpa foi medida através de um penetrômetro digital Ametek, com ponteira de 6 mm de diâmetro, realizando-se duas leituras em lados opostos da seção equatorial das frutas e os resultados expressos em gramas (g). A coloração da epiderme foi determinada em dois pontos opostos na região equatorial de cada fruta, usando um colorímetro Minolta com 8 mm de abertura, o qual fornecia três parâmetros: L^* , a^* e b^* . Os dados de a^* e b^* foram usados para calcular o chamado índice Croma [$Cab^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$], indicativo da intensidade de saturação da cor.

5.2.5 - Sólidos solúveis e acidez titulável

Para estas determinações obteve-se o suco das frutas, através do amassamento da amostra com o auxílio de um esmagador de batatas adaptado, sendo o suco acondicionado em um frasco. Uma pequena alíquota de suco foi utilizada para determinar o conteúdo de sólidos solúveis, através de um refratômetro digital da marca Atago, modelo PR-32 Alpha (LaboandCo, Torino, Itália), sendo o resultado expresso em °Brix. A acidez titulável foi determinada por titulometria de neutralização, utilizando um titulador (SM Titrino 702 - Metrohm Swiss), pela diluição de 5 g de suco em 25 mL de água destilada. Os dados foram expressos em meq por 100 g de massa fresca.

5.2.6 - Determinação da atividade antioxidante

A atividade antioxidante total (AAT) foi determinada através do método do radical ABTS•+ (2,2-azinobis-3- etil-benzotiazolina- 6-ácido sulfônico), utilizando-se a metodologia descrita por Re et al. (1999). Inicialmente, foi formado o radical ABTS•+, a partir da reação de 7 mM de ABTS com 2,45 mM de persulfato de potássio. A reação ocorreu à temperatura ambiente e na ausência de luz, por 16

horas. Transcorrido esse tempo, a solução foi diluída em etanol até a obtenção de uma solução com absorvância de 0,70 ($\pm 0,01$).

Em um tubo falcon de 50 mL, foram adicionados 0,5 g da amostra de morango liofilizada e moída, adicionados 20 mL de solução de metanol 60 % e agitado em vortex por 30 seg. O extrato foi centrifugado a 3000 rpm por 15 min, posteriormente filtrado e conservado em ultra freezer (-80°C) até o momento das análises.

Para realizar as análises, foram adicionados 40 μL de amostra a 1960 μL da solução contendo o radical ABTS. A leitura das amostras foi feita em espectrofotômetro a 734 nm, após 20 minutos de reação a uma temperatura de equilíbrio de 30°C . Preparou-se uma curva padrão utilizando-se o antioxidante sintético Trolox. Os resultados foram expressos em mM de Trolox por grama de massa fresca.

5.2.7 - Determinação de compostos fenólicos totais

Os compostos fenólicos totais foram quantificados através da reação com o reagente Folin-Ciocalteu, de acordo com o método de Slinkard e Singleton (1977). A extração foi feita a partir de 0,25 g de amostra liofilizada adicionando-se 4 mL de solução de metanol 70% e mantido por 10 min em temperatura ambiente. O extrato foi centrifugado a 3000 rpm por 15 min e posteriormente filtrado. O filtrado foi acondicionado em frasco e o material sólido foi submetido a uma nova extração com o mesmo solvente. Os filtrados foram transferidos para balão volumétrico de 10 mL e avolumados com solução de metanol 70%.

As amostras foram preparadas em balão volumétrico de 10 mL, no qual foi colocado 0,1 mL de extrato filtrado, adicionado 4 mL de água deionizada e 0,5 mL de reagente Folin-Ciocalteu; após 4 min adicionou-se 2 mL de carbonato de sódio 15% (Na_2CO_3) e então, avolumados com água deionizada. Os balões volumétricos contendo as amostras foram colocados em local com luminosidade reduzida por um período de duas horas a temperatura ambiente ($21-23^{\circ}\text{C}$). Ao final foi efetuada a leitura em espectrofotômetro com comprimento de onda de 765 nm. O conteúdo de compostos fenólicos totais foi calculado utilizando-se uma curva-padrão de ácido gálico. Os resultados foram expressos em $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ de eq. em ácido gálico.

5.2.8 - Determinação de antocianinas totais

O conteúdo de antocianinas totais foi determinado pelo método da diferença de pH (WROSLTAD et al., 2005). O método é baseado na característica da antocianina de que uma mudança de cor depende de uma alteração do pH de acordo com as referências fornecidas pela European Commission Joint Research Centre (SCALZO et al., 2008). As soluções tampão utilizadas foram: cloreto de potássio pH 1,0 (0,025 M) e acetato de sódio pH 4,5 (0,4 M). Primeiramente as amostras foram dissolvidas nas soluções tampão (1 g de amostra/20 mL de sol. tampão). Após, 0,2 mL de extrato foi adicionado a 1,8 mL da solução tampão, totalizando 2 mL, a mistura foi mantida por 20 min em ambiente com luminosidade reduzida antes de efetuar as leituras.

A absorbância foi mensurada a 510 e 700 nm em tampões com pH 1,0 e 4,5, respectivamente, sendo calculada a partir da equação: $A = [(A_{510}-A_{700})_{pH1.0} - (A_{510}-A_{700})_{pH4.5}]$. O teor de antocianinas foi calculado através do coeficiente de extinção molar da pelargonidina-3-glicosídeo de 31600. O conteúdo de antocianinas foi expresso como mg eq. pelargonidina-3-glicosídeo por 100g (base úmida). $\text{Antocianinas (mg 100g}^{-1} \text{ PF)} = (A \times PM \times FD \times 1000)/(\epsilon \times 1)$, onde: A = absorbância; MM = massa molecular; FD = fator de diluição, e ϵ = absorvidade molar.

5.2.9 - Determinação do conteúdo de ácido ascórbico

O conteúdo de ácido ascórbico foi determinado através de um refletômetro digital (Rqflex, © Merck KGaA, Darmstadt, Germany) equipado com fitas para o teste de ácido ascórbico (Merckoquant®, Merck Chemicals SPA, Itália). As fitas foram imersas em suco diluído com água destilada, na concentração 1:10. O instrumento analisa a luz refletida a partir de uma faixa contendo ácido molibdofosfórico, o qual é reduzido, em presença de ácido ascórbico, para fosfomolibdênio. A quantificação baseia-se na diferença entre a intensidade da luz irradiada e a intensidade da luz refletida, de acordo com a mudança de cor da fita (do amarelo ao azul). Os resultados foram expressos em mg 100 g⁻¹ de massa fresca.

5.2.10 - Perfil de compostos fenólicos

O perfil de compostos fenólicos das frutas foi determinado por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência com Detecção por Arranjos de Diodo (CLAE-DAD), de acordo com o método descrito por Andreotti et al. (2008).

A extração dos compostos foi realizada a partir de 0,1 g de amostra de morango liofilizado, dissolvido em 1 ml de metanol 100%, agitado durante 30 seg em vortex e em seguida degaseificada em banho de ultrassons durante 30 min a temperatura de 4°C. Posteriormente foi centrifugado a 12500 rpm, durante 30 min a temperatura de 0°C. O sobrenadante foi filtrado através de um filtro de membrana de 0,2 µm (Millipore), recolhidos em um frasco de vidro e armazenados a -20°C até a realização das análises.

A coluna utilizada para a separação dos compostos foi a ZORBAX SB-C18 (4,6 mm x 150 mm). Na fase móvel foram utilizadas as soluções: ácido fosfórico 0,01 M (solvente A) e metanol (solvente B). O gradiente de composição foi: 5% de B em A, no início da análise, 50% de B em A aos 8 min, 100% de B aos 13 min, 100% de B aos 15min, seguido pela preparação da coluna para a próxima análise, com um tempo total de análise de 20 min.

O fluxo foi 0,5 mL min⁻¹ e os cromatogramas foram registrados em 280, 320, 350 e 510 nm para o monitoramento simultâneo. Os picos cromatográficos foram identificados através da comparação do tempo de retenção e dos espectros com os padrões de referência. As amostras foram injetadas em duplicata. Os compostos fenólicos foram quantificados utilizando curvas construídas com padrões externos: pelargonidina-3-glicosídeo e cianidina-3-glicosídeo a 510 nm, quercetina-3-glicosídeo a 350 nm, ácido elágico a 280 nm, ácido clorogênico a 320 nm, e catequina e epicatequina a 280 nm. Os resultados foram expressos em mg g⁻¹ de massa fresca.

5.2.11 - Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) ($p < 0,05$) através do teste F e as médias dos tratamentos foram comparadas entre si pelo teste de Duncan (a 5% de probabilidade de erro), utilizando o pacote estatístico Statistical Graphics System (STATGRAPHICS, 2013). As correlações entre os

parâmetros avaliados foram analisadas através coeficiente de correlação de Pearson ($p < 0,05$).

5.3 - Resultados e discussão

5.3.1 - Características agronômicas

Obteve-se interação significativa entre local x genótipo para todos os parâmetros produtivos avaliados. Isto significa que os genótipos não se comportaram de maneira uniforme, o que denota uma adaptabilidade distinta a cada condição ambiental. Maior produção de frutas foi observada em Cesena, com destaque para 'Nora', que produziu $1.139 \text{ g planta}^{-1}$, diferindo dos demais genótipos (Tabela 2). Na área ao sul, localizada em Scanzano as plantas apresentaram a menor produção individual, no entanto devido à maior densidade de plantio, a produtividade de frutas por hectare resultou semelhante àquela obtida em Verona. Apesar disso, maior produtividade (t ha^{-1}) foi observada em Cesena para 'CE 51' e 'Nora', diferindo das demais áreas de produção. A cultivar Pircinque apresentou maior produtividade em Scanzano ($43,9 \text{ t ha}^{-1}$), não diferindo de Cesena ($43,79 \text{ t ha}^{-1}$). Dentre as áreas de produção avaliadas, o período de colheita com menor duração foi registrado em Cesena (média de 22 dias). Em Verona, o ciclo produtivo teve duração média de 29 dias. Já em Scanzano Jonico, o período de colheita teve maior duração (média de 93 dias), em razão das condições climáticas mais favoráveis, particularmente durante o inverno, quando as temperaturas são mais elevadas em relação aos demais locais. Crespo et al. (2010) em estudo conduzido na Suíça, obtiveram período de colheita entre 20 e 32 dias, sendo similar às áreas localizadas ao norte da Itália no presente estudo.

Alguns estudos publicados demonstraram que áreas localizadas ao norte da Europa, caracterizadas por temperaturas mais baixas, obtiveram maior tamanho da fruta (JOSUTTIS et al., 2011; LE MIÈRE et al, 1998). Tais evidências não foram confirmadas no presente estudo, no qual os genótipos apresentaram comportamento diferenciado em cada local de produção. 'Pircinque' apresentou a maior massa média em Verona (30,3 g), não diferindo de 'CE 51' em Scanzano (29,3 g). 'Nora' caracterizou-se por menor massa média nos três locais de produção.

Tabela 2 - Produção por planta, produtividade, duração do período de colheita, produção diária por planta e massa média de fruta, em genótipos de morangueiro cultivados em diferentes áreas de produção italianas. Pelotas, 2014.

Genótipo	Local	Produção g planta ⁻¹	Produtividade t ha ⁻¹	Duração da colheita dias	Produção diária g dia ⁻¹	Massa média g
CE 51	Scanzano	370 g	27,4 g	92 b	4,0 f	29,3 a
	Cesena	1,089 b	49,0 ab	21 ef	54,5 ab	23,4 c
	Verona	443 ef	28,8 fg	28 d	15,8 d	21,0 d
CE 56	Scanzano	350 g	25,9 g	91 b	3,8 f	23,8 c
	Cesena	837 cd	37,7 e	20 f	41,9 bc	24,3 c
	Verona	317 gh	20,6 h	28 d	12,2 e	24,0 c
Nora	Scanzano	389 g	28,8 fg	93 ab	4,2 f	22,2 c
	Cesena	1,139 a	51,3 a	21 ef	57,0 a	18,7 d
	Verona	493 ef	32,0 f	31 c	15,9 d	20,5 d
Pircinque	Scanzano	594 e	43,9 cd	94 a	4,3 e	25,9 b
	Cesena	971 c	43,7 c	22 e	44,1 b	26,8 b
	Verona	384 g	24,9 gh	30 c	12,8 de	30,3 a
Jonica	Scanzano	409 efg	30,3 f	95 a	6,3 f	24,4 bc
	Cesena	1,045 bc	47,0 c	23 e	45,4 b	22,0 cd
	Verona	704 d	45,8 c	29 cd	23,5 c	23,3 c
Genótipo		***	***	***	***	***
Local		**	***	***	***	***
G x L		*	***	***	***	***

* Médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si pelo Teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

5.3.2 - Parâmetros de qualidade

Os parâmetros de qualidade foram influenciados pela interação entre os genótipos e as áreas de produção (Tabela 3). De maneira geral, as frutas produzidas em Cesena obtiveram firmeza da polpa superior em comparação com as outras áreas avaliadas, com média de 625 g para os cinco genótipos (Tabela 3). Ao contrário, as frutas produzidas em Verona apresentaram os valores mais baixos para este parâmetro (média de 441 g). Valores mais elevados de firmeza foram obtidos em 'CE 56' (736 g) seguido por 'Jonica' (777 g), cultivados em Cesena, diferindo dos demais. Por outro lado, em Verona foram obtidos os valores mais baixos para este parâmetro, com 'CE 56' (367 g), seguido por 'Nora' (402 g) e 'Jonica' (451 g).

O teor sólidos solúveis é um importante atributo ligado ao sabor do morango e está fortemente associado com a sua aceitação pelo consumidor (CRESPO et al., 2010). Os teores mais elevados de sólidos solúveis foram observados em Scanzano, enquanto Cesena apresentou os menores valores. Os genótipos apresentaram

desempenho diferenciado em relação ao conteúdo de açúcares solúveis nos três locais de produção: 'CE 51', 'CE 56' e 'Nora' apresentaram maiores conteúdos em Scanzano. No entanto, 'CE 51', 'CE 56' e 'Jonica' obtiveram conteúdo de sólidos solúveis mais baixos (5,0 °Brix) quando cultivadas em Cesena. A superioridade observada nas frutas produzidas em Scanzano se deve às temperaturas mais elevadas ocorridas em Scanzano, durante o período produtivo, que podem ter influenciado positivamente o acúmulo de açúcares solúveis nas frutas. Além disso, a menor produção de frutas verificada neste local também pode ter influenciado no conteúdo de açúcares. Menor quantidade de frutas na planta provoca a diminuição da fração de fotoassimilados para cada dreno considerado individualmente (MAZUR et al., 2014). Além das condições ambientais, o teor de sólidos solúveis também é afetado por aspectos nutricionais e varietais (PINELI et al., 2011).

Tabela 3 – Firmeza da polpa (FP), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e características colorimétricas (L*, C* e Hue), em genótipos de morangueiro cultivados em diferentes áreas de produção italianas. Pelotas, 2014.

Genótipo	Local	FP	SS	AT	Características colorimétricas		
		g	°Brix	meq 100g ⁻¹	L*	C*	Hue
CE 51	Scanzano	527 cd	8,3 a	10,1 a	41,6 bc	51,4 a	33,8 b
	Cesena	490 cde	5,0 i	7,2 f	40,2 cd	49,6 bc	31,5 b
	Verona	470 def	6,7 ef	10,4 a	40,7 cd	51,9 a	33,0 b
CE 56	Scanzano	563 bc	8,0 ab	9,6 abc	43,4 a	50,2 ab	33,7 b
	Cesena	736 a	5,0 i	8,7 cd	39,9 d	50,4 ab	33,8 b
	Verona	367 g	6,8 e	9,7 ab	42,7 ab	51,5 a	35,4 a
Nora	Scanzano	483 de	8,1 ab	9,0 bcd	36,9 f	46,0 d	27,0 e
	Cesena	491 cde	5,5 h	8,5 de	40,6 cd	49,0 bc	31,6 c
	Verona	402 fg	6,2 fg	9,9 a	37,9 ef	47,2 cd	30,7 c
Pircinque	Scanzano	492 cde	7,4 cd	6,1 g	36,7 f	41,9 e	28,3 de
	Cesena	634 b	5,9 gh	7,2 f	37,1 ef	43,0 e	29,5 d
	Verona	516 cde	7,0 de	8,5 de	34,8 g	38,9 f	26,5 ef
Jonica	Scanzano	524 cde	7,3 cd	7,6 ef	36,8 f	47,9 cd	31,5 c
	Cesena	777 a	5,0 i	6,9 fg	37,3 ef	47,6 cd	31,1 c
	Verona	451 df	7,6 bc	7,7 ef	38,4 e	48,1 bd	35,5 a
Genótipo		***	ns	***	***	***	***
Local		***	***	***	ns	ns	ns
G x L		***	***	***	***	***	***

* Médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si pelo Teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

O teor de sólidos solúveis resultou negativamente correlacionado com a produção diária por planta ($r = 0,86^{**}$). Em Scanzano foram registrados os valores

mais baixos para a produção diária, devido ao período de colheita prolongado, no entanto as frutas produzidas foram mais doces. Ao contrário, em Cesena, onde o período de colheita foi mais concentrado, gerando maior produção diária, foram obtidas as frutas com menor conteúdo de sólidos solúveis.

Em relação à acidez titulável, valores mais elevados foram verificados em 'CE 51' cultivada em Verona e Scanzano (10,4 e 10,1 meq 100g⁻¹, respectivamente), seguido por 'Nora' em Verona (9,9 meq 100 g⁻¹). De maneira geral, as frutas produzidas em Verona apresentaram os valores mais elevados. Por outro lado, em Cesena foram observados os menores valores para este parâmetro, com exceção da cultivar Pircinque que apresentou desempenho inferior em Scanzano.

As características colorimétricas (luminosidade, croma e Hue) foram influenciadas pela interação entre genótipo e ambiente, no entanto o genótipo exerceu maior influência sobre estes parâmetros. Assim, 'CE 51' e 'CE 56' produziram frutas com coloração da epiderme mais clara, em tons de laranja e vermelho (maiores valores de croma e Hue). Por outro lado, 'Pircinque' e 'Jonica' apresentaram menores valores para este parâmetro, indicando coloração vermelho escuro da epiderme. A diferença de cor entre cultivares é uma característica genética, influenciada por fatores climáticos e culturais (PINELI et al., 2011).

5.3.3 - Propriedades antioxidantes nas frutas

Os compostos bioativos no morango foram significativamente influenciados pela interação entre a área de produção e os genótipos (Tabela 4), corroborando os resultados encontrados por Crespo et al. (2010) e Josuttis et al. (2012).

O ácido ascórbico (AA) é um dos principais compostos bioativos presente no morango, sendo um dos componentes da atividade antioxidante nesta fruta (TULIPANI et al., 2011). No entanto, segundo Crespo et al. (2010), o ácido ascórbico representa apenas 7% do total de ácidos presentes no morango. No presente estudo, os valores oscilaram entre 33 mg 100g⁻¹ MF ('Jonica' cultivada em Scanzano) e 48,2 mg 100g⁻¹ MF ('Nora' cultivada em Scanzano), demonstrando grande variação entre os genótipos (Tabela 4). Crecente-Campo et al. (2012) avaliando a qualidade de morangos produzidos em sistema convencional e orgânico na Espanha, obtiveram valores entre 44 e 80 mg 100g⁻¹ MF. Também Crespo et al. (2010), avaliando diferentes cultivares e locais de produção de morango na Suíça,

verificaram valores entre 20 e 70 mg 100g⁻¹ MF. No entanto, Josuttis et al. (2012) avaliando a qualidade de morangos produzidos na Suíça, Alemanha, Dinamarca e Noruega e observaram que o conteúdo de ácido ascórbico variou de 36 a 97 mg 100g⁻¹ MF, sendo mais elevado em áreas de produção mais ao Norte da Europa, contrastando com os resultados obtidos no presente estudo.

Não houve boa correlação entre o conteúdo ácido ascórbico e a atividade antioxidante (Tabela 6). No morango, a contribuição da vitamina C não é tão importante para a atividade antioxidante, como é no caso das frutas cítricas (JOSUTTIS et al., 2012). É importante salientar as diferenças marcantes na produção de frutas, entre os três locais, particularmente em relação à produção diária. Uma correlação linear negativa foi obtida entre a produção diária (g dia⁻¹) e o conteúdo de ácido ascórbico ($r = -0,51$). Em Cesena as plantas produziram maior massa de frutas durante menor período, o que pode ter influenciando negativamente na síntese e acúmulo de ácido ascórbico.

Os conteúdos de ácido ascórbico foram muito variáveis entre os genótipos estudados. 'Nora' e 'CE 56' mostraram teores mais elevados em Scanzano e 'Jonica' obteve valores mais elevados em Verona. Variações no metabolismo de ácidos orgânicos têm sido reportadas em diversas frutas e estudos genéticos mostraram que a acumulação de ácidos orgânicos é controlada por genes que diferem não apenas entre as espécies, mas também entre as cultivares (ZHENG et al., 2007).

As frutas do morangueiro contêm consideráveis quantidades de compostos fenólicos com efeitos benéficos sobre a saúde humana. Estes compostos estão intimamente associados com a atividade antioxidante total destas frutas. O conteúdo de compostos fenólicos totais variou 87,1 a 165,6 mg AG 100g⁻¹ MF, concordando com valores encontrados na bibliografia para frutas produzidas em condições climáticas semelhantes (DIAMANTI et al, 2012; JOSUTTIS et al, 2012). De maneira geral, conteúdos mais elevados foram observados nas áreas de Verona e Cesena, enquanto que os menores valores foram obtidos em Scanzano, em acordo com Josuttis et al. (2012), que detectaram maiores conteúdos de polifenóis totais em morangos produzidos em áreas mais ao norte da Europa. Segundo estes autores, o principal fator que, possivelmente, tenha influenciado o teor de compostos fenólicos é a temperatura, uma vez que a síntese de substâncias fenólicas é favorecida por temperaturas mais amenas, principalmente as noturnas. Além disso, a variação de temperatura do dia para a noite pode afetar a deposição de pigmentos. Confirmando

este fato, Wang et al. (2002) observaram que o conteúdo de antocianinas em morangos das cultivares Earliglow e Kent aumenta à medida que a relação entre a temperatura máxima e a mínima fica maior.

Dentre os genótipos, frutas de 'Nora' e 'Jonica' cultivadas em Cesena apresentaram os maiores teores de polifenóis totais (165,6 e 162,8 mg Pg 100g⁻¹ MF, respectivamente) (Tabela 4). Obteve-se correlação linear negativa desta variável com a massa média de fruta ($r = -0,55^{**}$) (Tabela 6). Segundo Josuttis et al. (2010), a maior parte dos compostos fenólicos se concentram na epiderme do morango. Assim, frutas maiores possuem menor razão superfície/polpa do que frutas menores, consequentemente o conteúdo de polifenóis é maior em morangos com menor tamanho. Resultados semelhantes foram observados também por Anttonen et al. (2006).

Tabela 4 - Compostos bioativos: ácido ascórbico (AA), compostos fenólicos totais (CFT), antocianinas totais (AT) e atividade antioxidante total (AAT), em genótipos de morangueiro cultivados em diferentes áreas de produção italianas. Pelotas, 2014.

Genótipo	Local	AA	CFT	AT	AAT
		mg 100g ⁻¹ MF	mg de AG 100g ⁻¹ MF	mg de Pg 100g ⁻¹ MF	molTe 100g ⁻¹ MF
CE 51	Scanzano	44,5 ab	105,1 g	21,95 e	1,30 g
	Cesena	33,5 de	139,8 de	19,95 ef	1,30 g
	Verona	40,7 bc	143,3 d	27,13 d	1,76 b
CE 56	Scanzano	42,2 b	91,2 h	11,08 h	1,19 h
	Cesena	42,5 b	145,7 cd	14,17 g	1,47 d
	Verona	40,7 bc	143,8 d	15,93 fg	1,50 d
Nora	Scanzano	48,2 a	118,5 f	26,42 d	1,65 c
	Cesena	37,0 cd	154,4 bc	21,52 e	1,33 fg
	Verona	43,0 b	165,6 a	29,82 c	1,85 a
Pircinque	Scanzano	42,2 b	87,1 h	43,29 a	1,50 d
	Cesena	37,7 c	148,1 cd	26,21 d	1,38 ef
	Verona	43,5 b	103,6 g	33,99 b	1,30 g
Jonica	Scanzano	33,0 e	117,1 f	26,81 d	1,28 g
	Cesena	33,5 de	131,1 e	24,96 d	1,43 de
	Verona	43,50 b	162,8 ab	17,68 f	1,76 b
Genótipo		***	***	***	***
Local		***	***	***	***
G x L		***	***	***	***

* Médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si pelo Teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

O conteúdo de antocianinas totais variou de 11,1 a 43,3 mg Pg 100g⁻¹ MF (Tabela 4). Ao contrário dos resultados obtidos por Crespo et al. (2010), foram

verificadas diferenças significativas entre os locais de produção. De maneira geral, morangos produzidos em Scanzano (Sul) apresentaram maior conteúdo de antocianinas, corroborando com publicações anteriores (JOSUTTIS et al., 2012, DIAMANTI et al., 2012), nos quais frutas com elevados conteúdos de antocianinas foram observados em áreas mais ao sul do Hemisfério Norte, com temperaturas não tão frias. Dentre os genótipos, 'Pircinque' apresentou os valores mais elevados enquanto 'CE 56' apresentou os menores teores. O conteúdo de antocianinas foi negativamente correlacionado com os parâmetros de coloração da epiderme luminosidade, croma e hue ($r = -0,69^{**}$, $-0,67^{**}$ e $-0,66^{**}$, respectivamente) (Tabela 6). Valores mais elevados no conteúdo de antocianinas totais corresponderam a frutas mais escuras e menos brilhantes ('Pircinque') e frutas com menor conteúdo em antocianinas totais refletiram em cor mais clara da epiderme e maior brilho ('CE 56').

A atividade antioxidante do morango considera a atividade cumulativa e a interação sinérgica de todos os compostos antioxidantes presentes na fruta. A atividade antioxidante total variou de 1,19 a 1,85 mmolTE $100g^{-1}$, estando de acordo com os teores citados na literatura em estudos conduzidos na Europa (DIAMANTI et al., 2012; CRESPO et al., 2010.; JOSUTTIS et al., 2012; MAZUR et al., 2014). De maneira geral, os maiores teores foram obtidos em Verona (mais ao Norte), enquanto valores mais baixos foram observados em Scanzano, concordando com Josuttis et al. (2012), os quais observaram atividade antioxidante mais elevada em morangos produzidos em áreas com clima mais frio. Em Verona, 'Nora' produziu frutas com atividade antioxidante mais elevada (1,85 molTe $100g^{-1}$ MF), diferindo dos demais locais e genótipos. Neste mesmo local destacaram-se 'CE 51' e 'Jonica', ambas com 1,76 molTe $100g^{-1}$ MF.

Obteve-se correlação linear positiva entre a atividade antioxidante e o conteúdo de compostos fenólicos ($r = 0,53^{**}$). Maiores conteúdos de polifenóis em morangos estão associados ao incremento na atividade antioxidante nos mesmos, concordando com resultados encontrados por Capocasa et al. (2008) e Meyers et al. (2003). Tulipani et al. (2008) avaliando nove genótipos de morangueiro na Itália, reportaram elevada correlação positiva ($r = 0.95$) entre estes dois parâmetros. Segundo Crespo et al. (2010), a correlação entre o teor de compostos fenólicos totais e a atividade antioxidante em morangos é bastante controversa. Em alguns casos, essa correlação apresenta-se baixa, como a observada no presente estudo.

A provável explicação para estas diferenças se refere à presença de vários outros compostos, como as antocianinas ou vitaminas que podem influenciar na atividade antioxidante (ANTTONEN et al., 2006). Observou-se também uma correlação significativa e negativa entre a atividade antioxidante total e a massa média de frutas ($r = -0,43^*$), evidenciando que frutas menores apresentam maior conteúdo de compostos fenólicos, elevando assim, a atividade antioxidante dos mesmos.

5.3.4 - Caracterização fenólica por CLAE- DAD

Os resultados obtidos por cromatografia líquida de alta eficiência forneceram informações sobre a composição fitoquímica e a contribuição de cada composto para a atividade antioxidante em frutas de morangueiro (Tabela 5). As cinco classes identificadas através das análises apresentaram, de maneira geral, a seguinte proporção: 29% de antocianinas, 34% de ácido hidroxí-cinâmico, 18% de elagitaninos, 16% de flavan-3-ols e 3% de flavonóis. As classes de compostos fenólicos detectados, bem como os valores para cada classe, estão de acordo com os resultados encontrados na bibliografia (AABY et al., 2012; CRECENTE-CAMPO et al., 2012; CRESPO et al., 2010; DONNO et al., 2013; FERNANDES et al., 2012; JIN et al., 2011; JOSUTTIS et al., 2012; KADIVEC et al., 2013; MAZUR et al., 2014; YU et al., 2013). Nas figuras 1 e 2 são apresentados os cromatogramas para compostos fenólicos a 280 nm (Figura 1) e antocianinas a 510 nm (Figura 2), relativos às análises em CLAE.

As principais antocianinas encontradas através das análises foram a pelargonidina-3-glicosídeo e a cianidina-3-glicosídeo, sendo a primeira predominante (em média, mais de 98% do total). Os valores obtidos no presente estudo destacam uma grande variabilidade no conteúdo de pelargonidina, de 86,84 ('CE 56' em Cesena) até 298,43 $\mu\text{g g}^{-1}$ MF ('Nora' em Verona), também de acordo com a literatura. Aaby et al. (2012) avaliando 27 cultivares de morangueiro na Noruega, observaram que a contribuição da pelargonidina-3-glicosídeo variou de 60 a 95% do conteúdo total de antocianinas nas frutas e seu conteúdo variou de 90 a 477 $\mu\text{g g}^{-1}$ MF entre as cultivares.

Em média, o conteúdo de pelargonidina resultou superior em frutas produzidas em Verona, para todos os genótipos, exceto para 'Pircinque', que apresentou valores superiores e estatisticamente semelhantes em Scanzano e

Cesena (240,15 e 254,26 $\mu\text{g g}^{-1}$ MF). Menores conteúdos foram verificados para ‘CE 56’ em Cesena e em Scanzano (86,84 e 87,45 $\mu\text{g g}^{-1}$ MF).

Em média, o conteúdo de pelargonidina apresentou maior variação entre os genótipos do que entre os locais de produção, comprovando a maior influência genética do que ambiental sobre este parâmetro, em concordância com os resultados obtidos por Carbone et al. (2009) e Jusuttis et al. (2012). Segundo Wang et al. (2002), a pelargonidina-3-glicosídeo e a cianidina-3-glicosídeo são quase que exclusivamente responsáveis pela coloração vermelha do morango.

Previsivelmente, a principal antocianina (pelargonidina-3-glicosídeo) apresentou correlação significativa com o conteúdo de antocianinas totais (AT), realizado pelo método espectrofotométrico ($r = 0.66^{**}$) e com a atividade antioxidante total (0.51^{*}) (Tabela 6), concordando com estudos conduzidos por Prior et al. (1998) e Tulipani et al. (2008), discordando, entretanto dos resultados obtidos por Crespo et al. (2010), no qual a correlação entre a AAT e as antocianinas individuais não foi importante, o que confirma que as antocianinas não são os únicos fenóis importantes que influenciam a atividade antioxidante no morango. Observou-se que os valores obtidos por espectrofotometria foram menores que os obtidos por CLAE. Segundo Pineli et al. (2011) a provável explicação para estas diferenças seria o fato de na medida espectrofotométrica ser levado em conta somente o coeficiente de extinção molar da pelargonidina-3-glicosídeo e não através de uma curva padrão para cada antocianina, como no caso das medidas por CLAE.

Obteve-se correlação significativa entre os parâmetros de coloração da fruta e o conteúdo de pelargonidina-3-glicosídeo, determinada por CLAE, sendo negativamente correlacionada com L^{*} (-0.55^{**}) e C^{*} (-0.60^{**}): Maior conteúdo de pelargonidina-3-glicosídeo correspondeu a cor mais escura da epiderme (‘Pircinque’) e menor conteúdo correspondeu a coloração mais clara da epiderme das frutas (‘CE 56’). Da mesma forma, Pineli et al. (2011) apontaram resultado semelhante ao constatar que frutas de Camino Real apresentavam coloração da epiderme mais escura do que frutas de Oso Grande, devido ao elevado conteúdo de pelargonidina-3-glicosídeo. O sistema de produção também pode apresentar influência sobre o conteúdo de antocianinas e, consequentemente, sobre a coloração da epiderme em morangos. Exemplo disso é o estudo conduzido por Crescente-Campo et al. (2012) avaliando a qualidade e teor de compostos bioativos em morangos, onde observaram que frutas produzidas em sistema orgânico apresentavam coloração

mais escura e maior conteúdo de pelargonidina do que frutas provenientes do cultivo convencional, sugerindo que a exposição da planta a situações de estresse pode modificar a síntese de substâncias de defesa vegetal, como os compostos fenólicos, elevando suas concentrações.

O conteúdo de cianidina-3-glicosídeo foi menor do que o de pelargonidina e bastante variável (Tabela 5): conteúdos mais elevados foram observados na cultivar Nora, principalmente quando cultivada em Scanzano ($13,46 \mu\text{g g}^{-1}$ MF), enquanto não foi detectada no genótipo CE 56 cultivado em Cesena e Verona e para 'Jonica' cultivado em Cesena.

De maneira similar às antocianinas, os demais compostos fenólicos detectados sofreram maior influência do genótipo do que entre as áreas de produção, concordando com os resultados obtidos em outros estudos (ANTTONEN et al., 2006; WANG et al., 2002).

O conteúdo de ácido hidroxicinâmico resultou similar entre os diferentes ambientes de produção, no entanto diferenças significativas foram observadas entre os genótipos: conteúdos mais elevados foram verificados em 'CE 56', nos três locais de produção (média de $366,06 \mu\text{g g}^{-1}$ MF entre os locais). Ao contrário, para 'CE 51' obteve-se os menores valores, não diferindo entre os locais (média de $62,39 \mu\text{g g}^{-1}$ MF entre os locais).

Segundo Pineli et al. (2011), o ácido elágico é considerado o principal composto fenólico de interesse no morango, existindo um particular por este composto, devido às evidências de seu potencial quimio-protetivo, anti-inflamatório e antibacteriano. No presente estudo, o conteúdo de elagitaninos variou com a área de produção, mas seu comportamento não foi o mesmo para todos os genótipos. O conteúdo mais elevado foi obtido em frutas do genótipo CE 56 em Verona ($281,79 \mu\text{g g}^{-1}$ MF), diferindo dos demais genótipos e locais de produção. Por outro lado, menor conteúdo foi observado na área de cultivo de Cesena, principalmente para 'CE 51' ($13,93 \mu\text{g g}^{-1}$ MF) e 'Jonica' ($31,92 \mu\text{g g}^{-1}$ MF), local este onde também foram verificadas as mais elevadas produções de frutas. O conteúdo de elagitaninos correlacionou-se negativamente com a produção diária de frutas ($r = -0.72^{**}$), evidenciando que a alta produção de frutas está relacionada à menor síntese deste composto.

O conteúdo de flavan-3-ols apresentou ampla variabilidade entre os genótipos e locais de produção, oscilando entre $41,46$ e $288,73 \mu\text{g g}^{-1}$ MF. Na área

de produção de Scanzano Jonico, obteve-se conteúdos mais elevados de flavan-3-ols em 'Pircinque' (288,76 $\mu\text{g g}^{-1}$ MF), seguido por 'CE 56' (183,09 $\mu\text{g g}^{-1}$ MF). 'Nora' apresentou elevado conteúdo em Verona (152,22 $\mu\text{g g}^{-1}$ MF). Em Cesena foram observados os menores valores em todos os genótipos.

Os flavonóis consistiram na classe fenólica encontrada em menor quantidade. Seu conteúdo variou entre 2,8 e 38,65 $\mu\text{g g}^{-1}$ MF. De maneira geral, frutas produzidas por 'CE 51', principalmente na área de cultivo de Scanzano, apresentaram teores mais elevados de flavonóis. Por outro lado 'Pircinque' apresentou mais baixo valor para este composto quando cultivado em Verona (2,86 $\mu\text{g g}^{-1}$ MF).

Tabela 5 - Perfil fenólico (CLAE-DAD) em frutas de cinco genótipos de morangueiro cultivados em diferentes áreas de produção italianas. Pelotas, 2014.

Genótipo	Local	Antocianinas		Ác. Hidroxi- cinâmico	Elagitaninos	Flavan-3- Ols	Flavonóis
		Pg-3-gluc	Cya-3-gluc				

µg g ⁻¹ MF							
CE 51	Scanzano	127,40 e	5,85 b	67,63 i	85,04 f	89,81 e	38,65 a
	Cesena	135,84 de	3,83 d	57,59 i	13,93 i	42,31 f	20,29 c
	Verona	179,31 c	5,06 bc	61,97 i	36,03 h	103,25 de	25,91 b
CE 56	Scanzano	87,45 f	1,36 f	286,77 c	258,34 b	183,09 b	12,04 de
	Cesena	86,84 f	N.D	360,20 b	142,94 d	43,95 f	20,46 c
	Verona	118,81 e	N.D	451,22 a	281,79 a	128,23 cd	3,72 g
Nora	Scanzano	240,19 b	13,46 a	262,26 de	158,73 d	89,17 e	26,27 b
	Cesena	134,09 de	4,84 c	241,05 e	47,06 gh	63,58 f	5,27 fg
	Verona	298,43 a	0,92 f	197,96 f	63,57 fg	152,22 c	9,63 ef
Pircinque	Scanzano	240,15 b	0,97 f	280,54 cd	187,64 c	288,76 a	7,70 efg
	Cesena	254,26 b	1,34 f	187,71 f	67,81 ef	40,96 f	9,15 ef
	Verona	198,58 c	0,75 fg	203,42 f	119,70 e	41,46 f	2,83 g
Jonica	Scanzano	135,41 de	2,89 e	129,24 h	74,15 ef	104,98 de	16,99 cd
	Cesena	116,71 e	N.D.	144,18gh	31,92 h	50,46 f	10,18 ef
	Verona	155,01 d	1,38 f	154,38 g	57,75 fg	41,76 f	7,69 efg
	Genótipo	***	***	***	***	***	***
	Local	***	***	***	***	***	***
	G x L	***	***	***	***	***	***

* Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro. N.D.: Não detectado.

Tabela 6 - Correlação de Pearson entre os parâmetros de qualidade e compostos bioativos em morangos a partir de diferentes genótipos e áreas de produção italianas. Pelotas, 2014.

Variável	P	PD	DC	MM	FP	SS	AT	L*	C*	Hue	AA	CFT	AT	AAT	Pg	Cya	Elag
P	-	-0,75	-0,58	-0,34	0,32	-0,78	-0,52	-0,09	-0,02	-0,01	-0,52	0,44	-0,10	-0,15	-0,12	-0,17	-0,59
PD		-	-0,75	-0,35	0,31	-0,86	-0,35	0,02	0,07	0,06	-0,50	0,56	-0,24	-0,14	0,19	-0,20	-0,54
DC			-	0,28	-0,17	0,76	-0,02	-0,02	-0,06	-0,17	0,27	-0,74	0,21	-0,22	0,04	0,41	0,37
MM					0,34	0,35	-0,12	-0,23	-0,43	-0,20	0,20	-0,55	0,22	-0,44	0,01	-0,19	0,19
FP					-	-0,32	-0,23	-0,31	-0,30	-0,22	-0,20	-0,20	0,01	-0,38	-0,23	-0,27	-0,14
SS						-	0,29	0,04	-0,06	-0,01	0,55	-0,51	0,12	0,04	0,11	0,36	0,42
AT							-	0,49	0,49	0,32	0,41	0,11	-0,36	0,23	-0,08	0,23	0,26
L*								-	0,79	0,71	-0,03	0,08	-0,69	-0,14	-0,55	-0,01	0,35
C*									-	0,82	-0,10	0,29	-0,67	0,08	-0,58	0,09	0,07
Hue										-	-0,07	0,34	-0,66	0,08	-0,60	-0,28	0,14
AA											-	-0,17	0,06	0,32	0,25	0,31	0,41
CFT												-	-0,29	0,53	0,11	-0,12	-0,41
AT													-	0,17	0,68	0,05	-0,16
AAT														-	0,51	0,12	-0,11
Pg															-	0,21	-0,14
Cya																-	-0,09
Elag.																	-

P: produção (g planta⁻¹); PD: produção diária; DC: duração da colheita; MM: massa média (g fruta⁻¹); FP: firmeza da polpa; SS: sólidos solúveis; AT: acidez titulável; L*: luminosidade; C*: croma; Hue; AA: ácido ascórbico; CFT: compostos fenólicos totais; AT: antocianinas totais; AAT: atividade antioxidante total; Pg: Pelargonidina-3-glicosídeo; Cya: cianidina-3-glicosídeo; Elag: Elagitaninos.

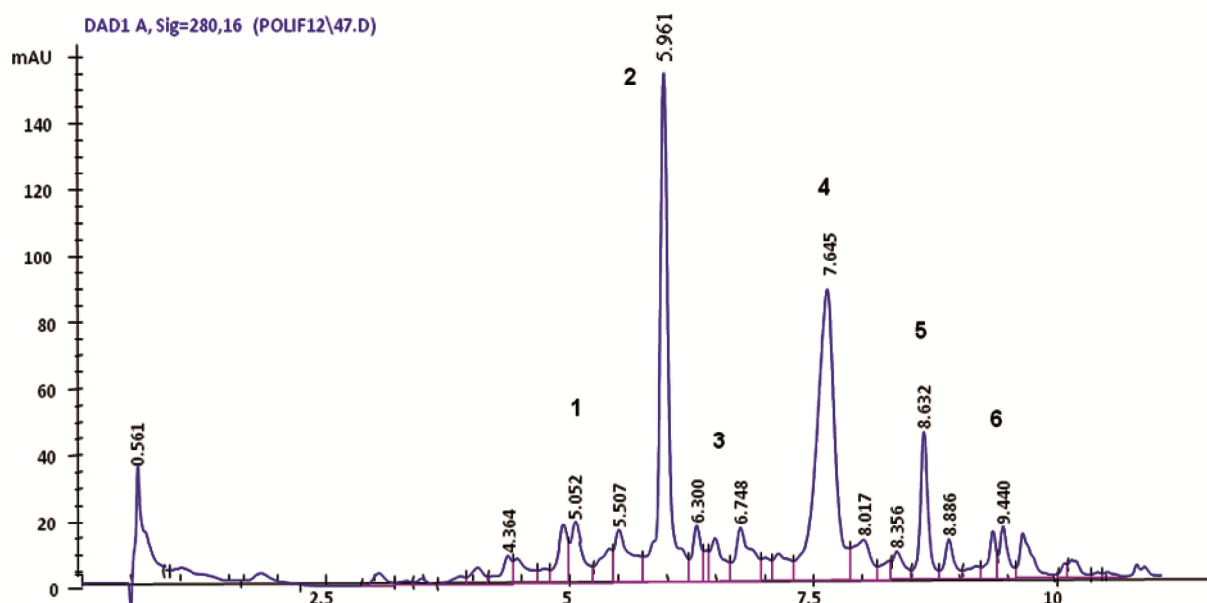


Figura 1 – Perfil cromatográfico em 280 nm de compostos fenólicos em frutas de ‘Jonica’ produzidas na área de cultivo de Cesena: 1-3) Flavan-3-ols (catequinas e epicatequinas); 2) Ácido hidroxi-cinâmico; 4) Antocianinas; 5) Elagitaninos; 6) Flavonóis (quercetina). Pelotas, 2014.

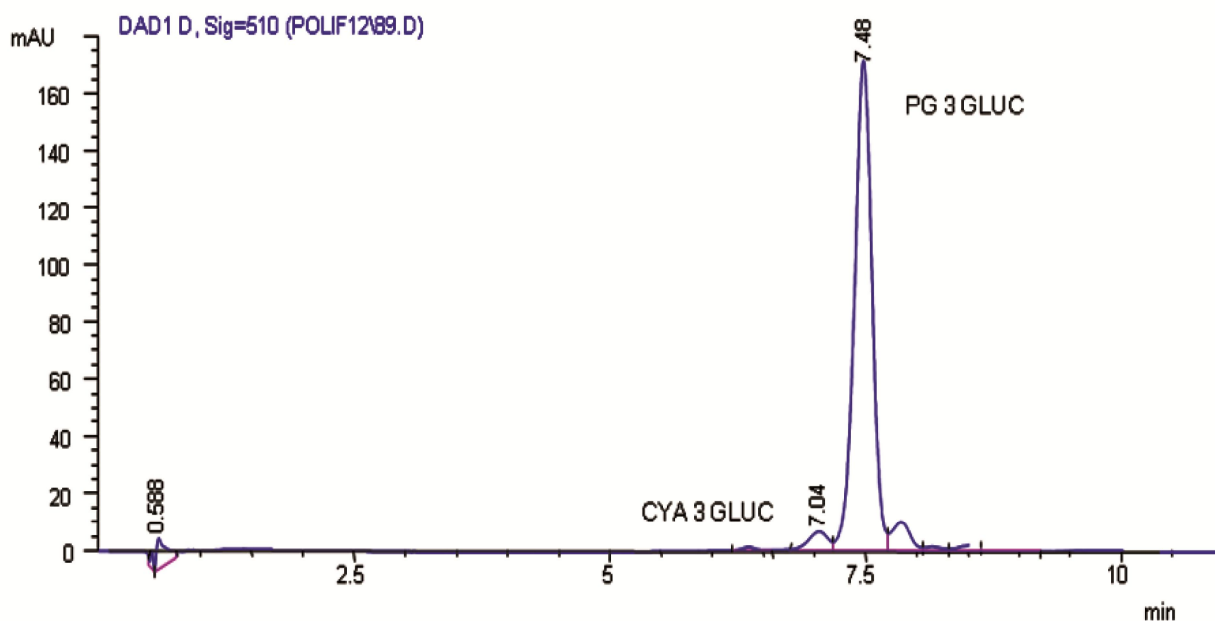


Figura 2 – Perfil cromatográfico em 510 nm de compostos fenólicos em frutas de ‘Nora’ na área de produção de Verona: Cianidina (Cya) e Pelargonidina (Pg) respectivamente. Pelotas, 2014.

5.4 - Conclusões

Este estudo demonstrou que o genótipo e o ambiente de cultivo tem uma forte influência sobre os compostos bioativos nas frutas. De maneira geral, em áreas mais ao norte, especialmente Verona, obteve-se maior teor de compostos bioativos em relação à Scanzano.

No Sul, a longo período de colheita provocou menor estresse à planta, determinando conteúdo de açúcar e ácido ascórbico, mais elevados. No Norte (especificamente na área de Verona, onde a técnica de cultivo proporciona um duplo ciclo de frutificação), o aumento do estresse causado planta provocou uma redução no conteúdo de açúcar na fruta, mas elevou o teor de compostos bioativos.

A variabilidade na composição das frutas de diferentes genótipos cultivados em diferentes locais sugere que os genótipos devem ser cuidadosamente avaliados durante vários anos e selecionados para cada local de produção.

5.5 - Referências

AABY, K.; MAZUR, S.; NES, A.; SKREDE, G. Phenolic compounds in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruits: Composition in 27 cultivars and changes during ripening. **Food Chemistry**, v. 132, n. 1, p. 86–97, 2012.

ANDREOTTI, C.; RAVAGLIA, D.; RAGAINI, A; COSTA, G. Phenolic compounds in peach (*Prunus persica*) cultivars at harvest and during fruit maturation. **Annals of Applied Biology**, v. 153, p. 11–23, 2008.

ANTTONEN, M. J.; HOPPULA, K. I.; NESTBY, R.; VERHEUL, M. J.; KARJALAINEN, R. O. Influence of fertilization, mulch color, early forcing, fruit order, planting date, shading, growing Environment, and genotype on the contents of selected phenolics in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 7, p. 2614–2620, 2006.

BASU, A.; WILKINSON, M.; PENUGONDA, K.; SIMMONS, B.; BETTS, N. M.; LYONS, T. J. Freeze-dried strawberry powder improves lipid profile and lipid peroxidation in women with metabolic syndrome: baseline and post intervention effects. **Nutrition Journal**, v. 8, p. 43–50, 2009.

BORGES, G.; DEGENEVE, A.; MULLEN, W.; CROZIER, A. Identification of flavonoid and phenolic antioxidants in black currants, blueberries, raspberries, red currants,

and cranberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, p. 3901–3909, 2010.

CAPOCASA, F.; SCALZO, J.; MEZZETTI, B.; BATTINO, M. Combining quality and antioxidant attributes in the strawberry: The role of genotype. **Food Chemistry**, v. 111, n. 4, p. 872–878, 2008.

CARBONE, F.; PREUSS, A.; VOS, R. C. H. De; D'AMICO, E.; PERROTTA, G.; BOVY, A. G.; ROSATI, C. Developmental, genetic and environmental factors affect the expression of flavonoid genes, enzymes and metabolites in strawberry fruits. **Plant, Cell & Environment**, v. 32, n. 8, p. 1117–1131, 2009.

CHEEL, J.; THEODULOZ, C.; RODRÍGUEZ, J. A.; CALIGARI, P. D. S.; SCHMEDA-HIRSCHMANN, G. Free radical scavenging activity and phenolic content in achenes and thalamus from *Fragaria chiloensis* ssp. *chiloensis*, *F. vesca* and *F. x ananassa* cv. Chandler. **Food Chemistry**, v. 102, n. 1, p. 36–44, 2007.

CRECENTE-CAMPO, J.; NUNES-DAMACENO, M.; ROMERO-RODRIGUEZ, M. A.; VAZQUEZ-ODÉRIZ, M. L. Color, anthocyanin pigment, ascorbic acid and total phenolic compound determination in organic versus conventional strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch, cv Selva). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 28, p. 23–30, 2012.

CRESPO, P.; BORDONABA, J. G.; TERRY, L. A.; CARLEN, C. Characterisation of major taste and health-related compounds of four strawberry genotypes grown at different Swiss production sites. **Food Chemistry**, v. 122, n. 1, p. 16–24, 2010.

DIAMANTI, J.; CAPOCASA, F.; DENOYES, B.; PETIT, A.; CHARTIER, P.; FAEDI, W.; MEZZETTI, B. Standardized method for evaluation of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) germplasm collections as a genetic resource for fruit nutritional compounds. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 28, p. 170–178, 2012.

DONNO, D.; CAVANNA, M.; BECCARO, G. L.; MELLANO, G. M.; MARINONI, D. T.; CERUTTI, A. K.; BOUNOUS, G. Currants and strawberries as bioactive compounds source: determination of antioxidant profile with HPLC-DAD/MS system. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, v. 86, p. 1-10, 2013.

EMILIA ROMAGNA AGRICOLTURA. **Servizio sviluppo delle produzione vegetali**, Bologna, 2012, 111p. Disponível em: <http://agricoltura.regione.emilia-romagna.it/produzioni-agroalimentari/doc/disciplinari/produzione-integrata/archivio-storico-1/disciplinari-di-produzione-integrata-2012>. Acesso em 18 de maio de 2013.

FERNANDES, V. C.; DOMINGUES, V. F.; DE FREITAS, V.; DELERUE-MATOS, C.; MATEUS, N. Strawberries from integrated pest management and organic farming: Phenolic composition and antioxidant properties. **Food Chemistry**, v. 134, n 4, p. 1926-1931, 2012.

GIAMPIERI, F.; TULIPANI, S.; ALVAREZ-SUAREZ, J.M.; QUILES, J.L.; MEZZETTI, B.; BATTINO, M. The strawberry: composition, nutritional quality, and impact on human health. **Nutrition**, v. 28, n. 1, p. 9–19, 2012.

JIN, P.; WANG, S. Y.; WANG, C. Y.; ZHENG, Y. Effect of cultural system and storage temperature on antioxidant capacity and phenolic compounds in strawberries. **Food Chemistry**, v. 124, p. 262–270, 2011.

JOSUTTIS, M.; CARLEN, C.; CRESPO, P.; NESTBY, R.; DIETRICH, H.; KRUGER, E. A comparison of bioactive compounds fruit from Europe affected by genotype and latitude. **Journal of Berry Research**, v. 2, p. 73–95, 2012.

JOSUTTIS, M.; DIETRICH, H.; PATZ, C. D.; KRUGER, E. Effects of air and soil temperatures on the chemical composition of fruit and agronomic performance in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 86, p. 415–421, 2011.

KADIVEC, M.; MOŽE BORNŠEK, S.; POLAK, T.; DEMŠAR, L.; HRIBAR, J.; POŽRL, T. Phenolic Content of Strawberry Spreads during Processing and Storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 61, n. 38, p. 9220–9229, 2013.

LE MIÈRE, J.; HADLEY, P.; DARBY, J.; BATTEY, N. H. The effect of thermal environment, planting date and crown size on growth, development and yield of *Fragaria x ananassa* Duch. cv. Elsanta. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 73, p. 786–795, p. 1998.

MAGNANI, S.; BARUZZI, G.; BONOLI, M.; D'ANTUONO, L. F., ELEMENTI, S.; MALTONI, M. L.; FAEDI, W. Effect of integrated pest management and organic cropping systems on strawberry-fruit health components and fruit quality. **Acta Horticulturae**, v. 842, p. 927–930, 2009.

MAZUR, S. P.; NES, A.; WOLD, A. B.; REMBERG, S. F.; MARTINSEN, B. K.; AABY, K. Effects of ripeness and cultivar on chemical composition of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruits and their suitability for jam production as a stable product at different storage temperatures. **Food Chemistry**, v. 146, p. 412–422, 2014.

MEYERS, K. J.; WATKINS, C. B.; PRITTS, M. P.; LIU, R. H. Antioxidant and antiproliferative activities of strawberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 6887–6892, 2003.

PINELLI, L. D. L. D. O.; MORETTI, C. L.; SANTOS, M. S. dos; CAMPOS, A. B.; BRASILEIRO, A. V.; CÓRDOVA, A. C.; CHIARELLO, M. D. Antioxidants and other chemical and physical characteristics of two strawberry cultivars at different ripeness stages. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 24, n. 1, p. 11–16, 2011.

PRIOR, R. L.; CAO, G.; MARTIN, A.; SOFIC, E.; MCEWEN, J.; O'BRIEN, C.; MAINLAND, C. M. Antioxidant capacity as influenced by total phenolic and anthocyanin content, maturity, and variety of *Vaccinium* species. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, n. 7, p. 2686–2693, 1998.

RE, R; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 26, p. 1231–1237, 1999.

REMBERG, S. F.; SONSTEBY, A.; AABY, K.; HEIDE, O. M. Influence of postflowering temperature on fruit size and chemical composition of Glen Ample raspberry (*Rubus idaeus* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 16, p. 9120–9128, 2010.

SCALZO, R.; GENNA, A.; BRANCA, F.; CHEDIN, M.; CHASSAIGNE, H. Anthocyanin composition of cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. botrytis) and cabbage (*B. oleracea* L. var. capitata) and its stability in relation to thermal treatments. **Food Chemistry**, v. 107, n. 1, p. 136–144, 2008.

SILVA, F. L. da; ESCRIBANO-BAILÓN, M. T.; ALONSO, J. J. P.; RIVAS-GONZALO, J. C.; SANTOS-BUELGA, C. Anthocyanin pigments in strawberry. **Food Science and Technology**, v. 40, n. 2, p. 374–382, 2007.

SLINKARD, K.; SINGLETON, V. L. Total phenol analysis: Automation and comparison with manual methods. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 28, n. 1, p. 49–55, 1977.

STATISTICAL GRAPHICS CORPORATION. **Statgraphics Centurion XVI** (versão 16.2). Statistical Graphics Corporation. Rendón, Virginia, USA, 2013. (Programa estatístico).

TULIPANI, S.; MARZBAN, G.; HERNDL, A.; LAIMER, M.; MEZZETTI, B.; BATTINO, M. Influence of environmental and genetic factors on health-related compounds in strawberry. **Food chemistry**, v. 124, n. 3, p. 906–913, 2011.

TULIPANI, S.; MEZZETTI, B.; CAPOCASA, F.; BOMPADRE, S.; BEEKWILDER, J.; DE VOS, C. H. R.; BATTINO, M. Antioxidants, phenolic compounds, and nutritional quality of different strawberry genotypes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 3, p. 696–704, 2008.

WANG, L. S.; STONER, G. D. Anthocyanins and their role in cancer prevention. **Cancer Letters**, v. 269, n. 2, p. 281–290, 2008.

WANG, S. Y.; ZHENG, W.; GALLETTA, G. J. Cultural system affects fruit quality and antioxidant capacity in strawberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 22, p. 6534–6542, 2002.

WROLSTAD, R. E.; DURST, R. W.; LEE, J. Tracking color and pigment changes in anthocyanin products. **Trends in Food Science & Technology**, v. 16, n. 9, p. 423–428, 2005.

YOUNG, J. E.; ZHAO, X.; CAREY, E. E.; WELTI, R.; YANG, S. S.; WANG, W. Phytochemical phenolics in organically grown vegetables. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 49, n. 12, p. 1136–1142, 2005.

YU, C.; RANIERI, M.; LV, D.; ZHANG, M.; CHARLES, M. T.; TSAO, R.; KHANIZADEH, S. Phenolic composition and antioxidant capacity of newly developed strawberry lines from British Columbia and Quebec. **International Journal of Food Properties**, v. 14, n. 1, p. 59–67, 2011.

ZHENG, Y.; WANG, S. Y.; WANG, C. Y.; ZHENG, W. Changes in strawberry phenolics, anthocyanins, and antioxidant capacity in response to high oxygen treatments. **Food Science and Technology**, v. 40, n. 1, p. 49–57, 2007.

6. Considerações finais

A escassez na oferta de mudas nacionais, aliada à baixa qualidade fitossanitária e fisiológica das mesmas, tornam os produtores, principalmente do Rio Grande do Sul, dependentes da importação de mudas do Chile e da Argentina. Entretanto, o principal problema decorrente da importação de mudas é o atraso na entrega das mesmas aos produtores, que pode provocar reflexos negativos sobre a sucessiva produção de frutas em regiões com clima mais frio, como é o caso do Rio Grande do Sul. A muda plantada tardiamente não consegue atingir adequado crescimento vegetativo antes do inverno, prejudicando a produção precoce. Como consequência, a rentabilidade do produtor diminui, pois a produção se concentra no período em que há elevada oferta de morango no mercado, quando os preços são mais baixos.

A oferta de mudas nacionais, com elevada qualidade fisiológica, poderia viabilizar o plantio precoce, entre março e abril, em algumas regiões, proporcionando produção de frutas em períodos de baixa oferta de morangos e gerando maior rentabilidade ao produtor. Nos últimos anos, a pesquisa nacional têm buscado soluções para a baixa qualidade das mudas e os problemas causados pelos patógenos de solo nos viveiros, destacando-se métodos alternativos para desinfestação, uso de cultivares resistentes, sistemas de produção fora do solo e utilização de mudas com torrão, nas quais o substrato isento protege o sistema radicular, retardando o ataque de patógenos.

Neste contexto, este trabalho vem acrescentar informações sobre os sistemas de produção de mudas, atualmente utilizados no Brasil ao mesmo tempo em que levanta novos questionamentos no que diz respeito à qualidade das mudas produzidas nas áreas indicadas através do zoneamento agroclimático do morangueiro no Rio Grande do Sul. As avaliações fisiológicas, como por exemplo a mensuração do conteúdo de carboidratos presentes na coroa e raízes, podem explicar muitas respostas agrônômicas, como a produção precoce de frutas, sendo um parâmetro extremamente importante para a boa qualidade das mudas produzidas.

Em relação ao sistema de produção de mudas com torrão, a principal vantagem no uso deste tipo de muda é a possibilidade de antecipar o plantio e obter produções mais precoces, com melhor remuneração, uma vez que há baixa oferta

de morango durante o outono e inverno. No presente estudo, comprovou-se a elevada capacidade produtiva deste tipo de muda, sendo similar às mudas com raízes nuas importadas. No entanto, outras questões importantes a serem investigadas são: o acúmulo de frio e a definição da exigência específica de cada cultivar, assim como os melhores tipos e composições de substratos, o tempo de enraizamento das mudas em bandejas, as necessidades nutricionais durante o período de crescimento das mudas. Além disso, faz-se necessário adequar este sistema de produção de mudas às necessidades de cada região produtora e caracterizar o desempenho agrônomo deste tipo de muda em relação à muda com raízes nuas em cada região. Esforços de pesquisa devem ser direcionados para obter mudas uniformes, com padrão genético, isentas de fitopatógenos, economicamente viáveis, atendendo às exigências das entidades certificadoras.

O uso de mudas com torrão consiste na principal alternativa para viabilizar o plantio antecipado, reduzindo a dependência vigente no mercado de mudas importadas. Com mudas de elevada qualidade, o produtor gaúcho poderá antecipar o ciclo de colheita sendo melhor remunerado em sua atividade agrícola.

O desenvolvimento de novas técnicas de produção de mudas de morangueiro, em sistemas fora do solo, utilizando substratos e solução nutritiva, deverá determinar uma adequação das técnicas de produção de mudas no Brasil, de modo a oferecer um produto capaz de satisfazer as novas exigências dos produtores em relação à qualidade e à época de plantio.

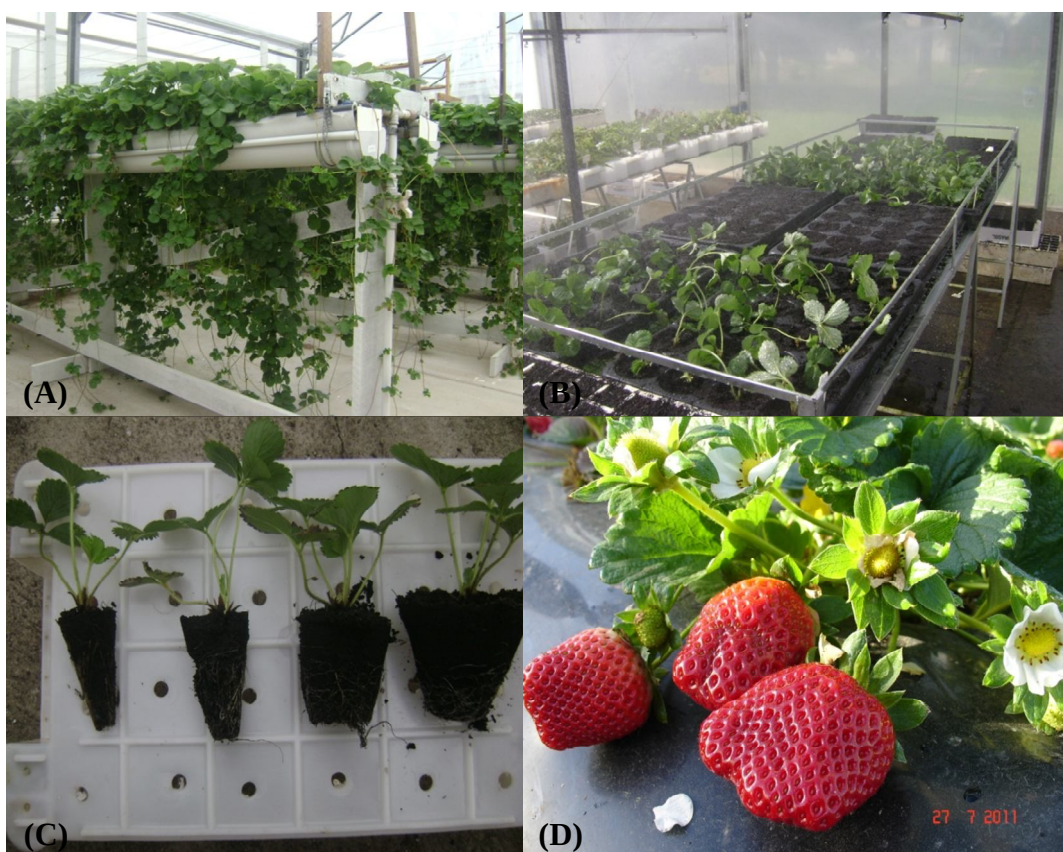
A superação destes entraves produtivos pode impulsionar a produção do morangueiro em diversas regiões, visto que o morango tem sido apontado como uma das frutas mais importantes do ponto de vista nutricional, dadas às boas características que o mesmo tem para a saúde e bem-estar do homem. Em todo o mundo, muita atenção tem sido dada para a avaliação e quantificação dos principais compostos relacionados à saúde no morango. Sabe-se que a qualidade das frutas está diretamente relacionada a fatores genéticos (cultivar) e ambientais, como o tipo de solo, clima e o sistema de produção, que em conjunto, influenciam as propriedades químicas, físicas e teor de compostos bioativos. Em vista disso, pesquisas são necessárias para avaliar a composição fenólica e atributos de qualidade nas diversas regiões produtoras de morango no Brasil, bem como a influência varietal e das técnicas de cultivo, sobre estes parâmetros.

7. Anexos

Anexo 1 – Muda com torrão proveniente da Argentina (A). Experimento de origens das mudas após implantação de todos os tratamentos (B) no ano de 2010.



Anexo 2 – Etapas da produção de mudas com torrão. Fase de propagação vegetativa em sistema semi-hidropônico (A). Plantio das pontas de estolão nas bandejas (B). Mudanças com torrão a partir de diferentes volumes de alvéolos (C). Início da produção de frutas a partir de mudas com torrão, no ano de 2011 (D). Pelotas, 2014.



Anexo 3 - Mapa das regiões italianas, com a localização das diferentes áreas de produção avaliadas no experimento conduzido no ano de 2012. Pelotas, 2014.

