

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE, UNICENTRO-PR

**APTIDÃO DE HÍBRIDOS EXPERIMENTAIS DE
MORANGUEIRO OBTIDOS A PARTIR DE
CRUZAMENTOS INTRAESPECÍFICOS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

ENEIDE BARTH

GUARAPUAVA – PR

2017

ENEIDE BARTH

**APTIDÃO DE HÍBRIDOS EXPERIMENTAIS DE MORANGUEIRO OBTIDOS A
PARTIR DE CRUZAMENTOS INTRAESPECÍFICOS**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Juliano Tadeu Vilela de Resende

Orientador

GUARAPUAVA – PR

2017

Catálogo na Publicação
Biblioteca Central da Unicentro, Campus Santa Cruz

B284a Barth, Eneide
Aptidão de híbridos experimentais de morangueiro obtidos a partir de cruzamentos intraespecíficos / Eneide Barth. -- Guarapuava, 2017.
xvi, 110 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, 2017

Orientador: Juliano Tadeu Vilela de Resende
Banca examinadora: Juliano Tadeu Vilela de Resende, Keny Henrique Mariguele, André Ricardo Zeist, Alex Antônio da Silva

Bibliografia

1. Agronomia. 2. Produção vegetal. 3. Fragaria x ananassa Duch. 4. índices de seleção. 5. melhoramento genético. I. Título. II. Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

CDD 630

Eneide Barth

**APTIDÃO DE HÍBRIDOS EXPERIMENTAIS DE MORANGUEIRO OBTIDOS A PARTIR
DE CRUZAMENTOS INTRAESPECÍFICOS**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.


Aprovada em 21 de julho de 2017.


Prof. Dr. Juliano Tadeu Vilela de Resende
(UNICENTRO)

Prof. Dr. Renato Vasconcelos Botelho
(UNICENTRO)


Dr. Keny Henrique Mariguele
(EPAGRI)


Dr. André Ricardo Zeist
(UNICENTRO)


Dr. Alex Antonio da Silva
(UFLA)

GUARAPUAVA-PR
2017

Dedico à minha família: meus filhos, meus pais, meu marido, que me apoiaram e compreenderam o longo período de ausência, porque mesmo presente em corpo, estava ausente, mergulhada na busca do conhecimento que, em parte, encontra-se reunido nessa dissertação.

AGRADECIMENTOS

Ao longo da trajetória da minha vida, recebi bênçãos das mais variadas formas, a começar por meus pais, os quais, através de sua lida exemplar, mostraram-me que com dedicação e perseverança, vai-se mais longe. E por isso, agradeço.

Agradeço também à Universidade Estadual do Centro-Oeste, onde encontrei valiosas pessoas e ensinamentos para minha vida profissional. Agradeço a todos os professores, que pacientemente me trouxeram novos e importantes conhecimentos, bem como aos colegas que fiz nessa jornada. Ficarão na minha memória.

Agradeço aos meus filhos e meu companheiro, que compreenderam minha ausência e colaboraram de diversas formas para que pudesse chegar até aqui.

Agradeço a meus irmãos, que sempre acreditaram que eu seria capaz de concretizar esse objetivo. Agradeço especialmente à minha irmã, com quem pude compartilhar os momentos de cansaço.

Agradeço aos meus colegas de trabalho. Dentre eles, agradeço ao Morales e Schallenberger, que me incentivaram a ingressar no mestrado. Agradeço também ao Cantu e funcionários de campo, que apoiaram a execução das primeiras etapas do projeto. Agradeço ao Keny, com quem obtive muitos esclarecimentos e que não poupou esforços para estar presente em minha defesa. Agradeço a minha grande e querida amiga Roberta, que me deu cobertura em momentos importantes no trabalho, para que eu pudesse me ausentar e assistir as aulas. Também agradeço ao Marcos, chefe imediato, por autorizar esses períodos de ausência.

Agradeço também aos demais membros das bancas de qualificação e defesa, cujas contribuições lapidaram o trabalho que ora apresento.

Agradeço ao Professor Cosme Damião Cruz, com quem pude obter relevantes esclarecimentos sobre estatística, mesmo que pela internet, sem os quais a jornada teria sido muito mais dura.

Agradeço ao André, que compartilhou comigo sua experiência e ajudou-me a aperfeiçoar a dissertação.

Por fim, deixo um agradecimento muito especial àquele que, não importando dia nem horário, esclareceu e orientou o raciocínio, de modo que a dissertação se consolidasse em conhecimento consistente. Ao Professor, e amigo, Juliano T. V. de Resende meu sincero agradecimento.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	ii
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	4
2.1. Geral.....	4
2.2. Específicos.....	4
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	5
3.1. Importância econômica.....	5
3.2. Origem.....	7
3.3. Descrição taxonômica e filogenética.....	9
3.4. Descrição morfológica geral.....	13
3.5. Descrição dos genitores.....	14
3.6. Sensibilidade do morangueiro ao fotoperíodo:.....	15
3.6.1. Aromas.....	16
3.6.2. Camarosa.....	17
3.6.3. Dover.....	17
3.6.4. Festival Flórida.....	18
3.6.5. Oso Grande.....	18
3.6.6. Sweet Charlie.....	19
3.6.7. Milsei Tudla.....	19
3.7. Aptidão para consumo <i>in natura</i> e processamento.....	20
3.8. Características físico-químicas dos frutos.....	21
3.9. Variabilidade genética do morangueiro no Brasil.....	23
3.10. Seleção simultânea de caracteres.....	25

3.10.1. Índice Clássico (Smith, 1936 e Hazel, 1943) – paramétrico	26
3.10.2. Índice baseado em soma de “ <i>ranks</i> ” (Mulamba e Mock, 1978) – não paramétrico.....	26
3.10.3. Índice da distância genótipo/ideótipo – não paramétrico	26
3.10.4. Herdabilidade.....	27
4. MATERIAL E MÉTODOS	29
4.1. Obtenção do material experimental.....	29
4.2. Descrição da área experimental.....	30
4.3. Delineamento experimental.....	31
4.4. Estatística Experimental	31
4.5. Características de produção analisadas.....	35
4.6. Características físico-químicas analisadas.....	35
4.6.1. pH	35
4.6.2. Sólidos Solúveis	35
4.6.3. Acidez titulável.....	36
4.6.4. Relação sólidos solúveis/acidez titulável	36
4.6.5. Açúcares redutores	36
4.6.6. Compostos fenólicos.....	36
4.6.7. Pectina	37
4.6.8. Ácido ascórbico (Vitamina C).....	37
4.6.9. Antocianinas	37
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
7. CONCLUSÃO.....	67
8. BIBLIOGRAFIA	68

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Distribuição geográfica de espécies de *Fragaria*: espécies octaploides, hexaploides e *F. vesca* e *F. viridis* (STAUDT, 2009). 11
- Figura 2.** Distribuição geográfica de espécies Asiáticas de *Fragaria spp.* (STAUDT, 2009) 11
- Figura 3.** Hipótese de relações filogenéticas intragenéricas em *Fragaria spp* baseada em sequências de genes nucleares (HUMMER; HANCOCK, 2009). 12

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Produção, valor bruto da produção (VBP) e participação relativa na fruticultura do Paraná em 2014 e 2015. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2015. 6
- Tabela 2.** Área de cultivo, produção de morango em 2015 para os dez principais produtores no Estado do Paraná. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2015 7
- Tabela 3.** Espécies de *Fragaria* de acordo com o nível de ploidia e expressão sexual..... 10
- Tabela 4.** Descrição das 12 populações híbridas geradas a partir de sete cultivares *Fragaria x ananassa* obtidas por Galvão (2014)..... 29
- Tabela 5.** Características analisadas em *Fragaria x ananassa* e seus respectivos pesos para os índices de seleção. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2014..... 34
- Tabela 6.** Análise de variância, médias, coeficientes de variação e desvio padrão dos híbridos e testemunhas para as características número de frutos comerciais (NFC), massa média de frutos comerciais (MMFC), massa de frutos comerciais (MFC), massa de frutos não comerciais (MFNC) e massa total de frutos (MTF) de híbridos de *Fragaria x ananassa*. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2014..... 41
- Tabela 7.** Análise de variância, médias, coeficientes de variação e desvio padrão dos híbridos e testemunhas para as características pH, sólidos solúveis (SS), acidez Titulável (AT), razão sólidos solúveis/acidez titulável (Ratio), açúcares redutores (AR), compostos fenólicos (FEN), pectina total (PEC), ácido ascórbico (VITC) e antocianinas (ANT) de híbridos de *Fragaria x ananassa*. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2014. 42
- Tabela 8.** Percentual de híbridos de *Fragaria x ananassa* com efeito positivo em relação às cultivares Camarosa e Camino Real em cada um dos cruzamentos para as características número de frutos comerciais (NFC), peso médio de frutos comerciais (MMFC), massa de

frutos comerciais (MFC), massa de frutos não comerciais (MFNC) e massa total de frutos (MTF). Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2014.....46

Tabela 9. Percentual de híbridos de *Fragaria x ananassa* com efeito positivo em relação às cultivares Camarosa e Camino Real em cada um dos cruzamentos para as características razão sólidos solúveis/acidez titulável (Ratio), pectina (PEC, ácido ascórbico (VITC) e antocianinas (ANT). Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2014.....48

Tabela 10. Seleção de híbridos de *Fragaria x ananassa* superiores à testemunha de melhor desempenho, Camino Real, para as características número de frutos comerciais (NFC), massa de frutos comerciais (MFC) e massa total de frutos (MTF), com médias ajustadas pelo teste de Dunett com probabilidade de 5%. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2014.....50

Tabela 11. Seleção de híbridos superiores à testemunha de melhor desempenho, Camino Real, para as características Razão Sólidos Solúveis/Acidez Titulável (Ratio), Pectina Total (PEC) e Antocianinas (ANT) com médias ajustadas pelo Teste de Dunett com probabilidade de 5%. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2014.51

Tabela 12. Estimativas de herdabilidade (h^2), média de todos os híbridos (X_o), média dos clones selecionados (X_s), ganho na seleção (GS) e percentual de ganho na seleção (GS %) para características analisadas em híbridos de *Fragaria x ananassa*, obtidas pelos três índices de seleção com pesos econômicos determinados para seleção com finalidade de produção de frutos para consumo *in natura*. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2014.54

Tabela 13. Estimativas de herdabilidade (h^2), média de todos os híbridos (X_o), média dos clones selecionados (X_s), ganho na seleção (GS) e percentual de ganho na seleção (GS %) para características analisadas em híbridos de *Fragaria x ananassa*, obtidas pelos três índices de seleção com pesos econômicos determinados para seleção com finalidade de produção de frutos para processamento. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2014.....55

Tabela 14. Percentuais de ganho de seleção obtidos a partir da aplicação de três índices de seleção utilizando pesos econômicos distinguindo finalidade para consumo *in natura* e

processamento para características produtivas e físico-químicas de híbridos de *Fragaria x ananassa* agrupados por finalidade. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2014..... 57

Tabela 15. Percentuais de ganho de seleção obtidos a partir da aplicação de três índices de seleção utilizando pesos econômicos distinguindo finalidade para consumo *in natura* e processamento para características produtivas e físico-químicas de híbridos de *Fragaria x ananassa* agrupados por índice. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2014..... 57

Tabela 16. Híbridos de *Fragaria x ananassa* selecionados com base em três índices de seleção Smith (1936) e Hazel (1943), Mulamba e Mock (1978), Genótipo/Ideótipo com pesos econômicos estabelecidos para seleção com finalidade de produção de frutos para *consumo in natura* e processamento. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2014. 60

Tabela 17. Frequência de ocorrência dos cruzamentos na seleção de híbridos de *Fragaria x ananassa* para os índices de seleção Smith (1936) e Hazel (1943), Mulamba e Mock (1978), Genótipo/Ideótipo observados na tabela 16. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2014..... 61

Tabela 18. Número de híbridos selecionados pelos índices de seleção Smith (1936) e Hazel (1943), Mulamba e Mock (1978), Genótipo/Ideótipo, sem repetição, em cada cruzamento. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2014..... 61

Tabela 19. Híbridos selecionados pelo teste de médias de Dunett e pelos índices Smith (1936) e Hazel (1943), Mulamba e Mock (1978), Genótipo/Ideótipo para *consumo in natura* e para processamento. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2014..... 62

Tabela 20. Híbridos selecionados e seus respectivos cruzamentos, códigos e posição de seleção para os três índices de seleção Smith (1936) e Hazel (1943), Mulamba e Mock (1978), Genótipo/Ideótipo com pesos econômicos estabelecidos para seleção com finalidade de produção de frutos para *consumo in natura* e para processamento com ocorrência em no mínimo três índices. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2014. 63

Tabela 21. Híbridos selecionados e seus respectivos cruzamentos, códigos e posição de seleção para os três índices de seleção Smith (1936) e Hazel (1943), Mulamba e Mock (1978), Genótipo/Ideótipo com pesos econômicos estabelecidos para seleção com finalidade de produção de frutos para *consumo in natura* e para processamento com ocorrência em dois ou menos índices. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2014..... 64

Tabela 22. Desempenho dos híbridos de *Fragaria x ananassa* classificados nas dez primeiras posições para os índices seleção Smith (1936) e Hazel (1943), Mulamba e Mock (1978), Genótipo/Ideótipo para *consumo in natura* e processamento. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2014. 65

RESUMO

BARTH, Eneide. **Aptidão de híbridos experimentais de morangueiro obtidos a partir de cruzamentos intraespecíficos**. Guarapuava: UNICENTRO, 2017. 90p. (Dissertação – Mestrado em Produção Vegetal)*

O desenvolvimento de cultivares nacionais de morangueiro (*Fragaria x ananassa*), adaptadas às condições climáticas do Brasil e com aptidão definida, pode atender às especificidades de diferentes segmentos do mercado. O objetivo deste trabalho foi selecionar híbridos de morangueiro, com potencial para consumo *in natura* e/ou processamento, mediante aplicação de três índices de seleção, proporcionando melhor equilíbrio de atributos com a avaliação simultânea de características. Foram avaliados híbridos obtidos a partir do cruzamento entre sete cultivares comerciais, definindo-se seleção de 10% dos mesmos. Foram utilizados os índices não paramétricos Mulamba e Mock (1978) e Genótipo-ideótipo, e índice paramétrico de Smith (1936) e Hazel (1943). O delineamento foi de blocos aumentados, utilizando-se como testemunhas as cultivares comerciais Camarosa e Camino Real. Para cada índice foram atribuídos dois conjuntos de pesos econômicos distinguindo aptidão para consumo *in natura* e processamento. Foram avaliadas as características produtivas: número e massa média de frutos comerciais, massa de frutos não comerciais e massa total de frutos; e as características físico-químicas dos frutos: pH, sólidos solúveis, acidez titulável, relação sólidos solúveis/acidez titulável, açúcares redutores, pectina, ácido ascórbico, compostos fenólicos e antocianinas. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias ao teste de Dunnett. Foram estimadas herdabilidade, variância genotípica e fenotípica e covariância residual, requeridas para o Índice de Smith (1936) e Hazel (1943). Com a aplicação simultânea dos três índices observou-se alta frequência de híbridos obtidos de cruzamentos nos quais Camarosa foi genitor feminino e Aromas genitor masculino. O cruzamento com maior número de híbridos selecionados foi Camarosa x *Sweet Charlie* tanto para consumo *in natura* quanto para indústria. A atribuição de pesos distintos resultou em diferente seleção e classificação dos híbridos.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa* Duch., índices de seleção, melhoramento genético.

* Orientador: Juliano Tadeu Vilela de Resende – UNICENTRO – PR.

ABSTRACT

BARTH, Eneide. **Experimental ability of strawberry hybrids obtained from intraspecific crosses.** Guarapuava: UNICENTRO, 2017. 90p. (Dissertação – Mestrado em Produção Vegetal)[†]

The development of cultivars of strawberry national (*Fragaria x ananassa*) adapted to the climatic conditions of Brazil and with defined aptitude can meet the specifics of different segments of the consumer market. The objective of this work was to select the hybrid of strawberry, with potential for consumption in natura, by applying three selection indexes, providing a better balance of attributes with a simultaneous evaluation of characteristics. Were evaluated hybrids obtained from the cross between seven commercial cultivars, being defined the selection of 10% of them. Were using non-parametric indices Mulamba and Mock (1978) and Genotype-ideotype, and parametric index of Smith (1936) and Hazel (1943). The experiment was conducted in design of increased blocks, using as witnesses the commercial cultivars Camarosa and Camino Real. For each index, were assigned two sets of economic weights distinguishing fitness for consumption in natura and industry. The productive characteristics were evaluated: number and average mass of commercial fruits, mass of non-commercial fruits and total mass of fruits; and physical-chemical characteristics of the fruits: pH, soluble solids, titratable acidity, ratio soluble solids/titratable acidity, reducing sugars, pectin, ascorbic acid, phenolic compounds and anthocyanins. The results were submitted to analysis of variance and the means to the Dunett test. Heritability was also estimated, genotypic and phenotypic variance and residual covariance, required for the Smith Index (1936) and Hazel (1943). With the simultaneous application of the three indices was observed a high frequency of hybrids obtained from crosses in which Camarosa was female genitor and Aromas male genitor. The crosses with the highest number of selected hybrids were Camarosa x Sweet Charlie both for in natura consumption as for industry. The attribution of distinct weights resulted in different selection and classification of hybrids.

Key words: *Fragaria x ananassa* Duch., selection indexes, breeding.

[†] Orientador: Juliano Tadeu Vilela de Resende – UNICENTRO – PR.

1. INTRODUÇÃO

O morango é muito apreciado para consumo *in natura* e tem grande importância na agricultura, sendo cultivado em pequena e média escala, especialmente, pela agricultura familiar. Por ser uma cultura que demanda muito trabalho durante todo o seu ciclo, especialmente no período de colheita, além de ocupar mão de obra da família, necessita de contratação de outras pessoas, o que gera empregos diretos e indiretos na região em que se desenvolve (MADAIL et al., 2007). Cabe ressaltar que o morangueiro também está presente em sistemas produtivos altamente tecnificados.

Dados da FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) demonstram que a produção de morango no Mundo dobrou na última década e em 2014 atingiu mais de 8 milhões de toneladas, sendo a China o maior produtor com mais de 3 milhões de toneladas. Os Estados Unidos é o segundo maior produtor do Mundo e produziu cerca de 1,3 milhões de toneladas em 2014. No entanto, a produtividade média dos Estados Unidos é o dobro da produtividade da China, alcançando 56 t ha⁻¹ em 2014 (FAO, 2014).

No Brasil, o estado de Minas Gerais é o maior produtor com 40.245 toneladas, correspondendo a 59% da produção nacional, seguido pelos estados do Rio Grande do Sul, Paraná, São Paulo, Santa Catarina e Rio de Janeiro (ZAWADNEAK; SCHUBER; MÓGOR, 2013). A produção de morango no Paraná em 2015 foi de 22,64 mil toneladas com valor bruto de produção (VBP) de R\$125,13 milhões com um aumento de 8% em relação a 2014 (SEAB/DERAL, 2015).

O melhoramento genético do morangueiro teve seu primeiro impulso na Inglaterra no início do século XVIII, posteriormente expandindo-se para a França, Alemanha e Estados Unidos (ZAWADNEAK; SCHUBER; MÓGOR, 2013). No Brasil, inicialmente foi conduzido pelo Instituto Agrônomo de Campinas-SP, iniciando em 1941, e pela Estação Experimental de Pelotas-RS, hoje Embrapa Clima Temperado, iniciando em 1950. Vários dos materiais utilizados por esses programas foram obtidos a partir da importação de mudas e aquênios dos programas de melhoramento dos Estados Unidos. Os programas brasileiros contribuíram imensamente para o aumento da produtividade e da importância da cultura do morangueiro no país (CASTRO, 2004). No entanto, a partir da década de 1990 cultivares melhoradas geneticamente, provenientes de programas internacionais, foram introduzidas com grande sucesso nas regiões produtoras do Brasil, superando as cultivares plantadas à época.

Atualmente as cultivares integram dois grupos, caracterizadas conforme a resposta ao fotoperíodo. As cultivares indiferentes ao fotoperíodo, também chamadas de cultivares de dia neutro, mais plantadas no Brasil são Albion, Aromas, Portola e Palomar. As cultivares de dia curto e que ocupam as maiores áreas, são Camarosa, Camino Real, Festival Flórida e San Andreas. Viveiros especializados da Argentina e Chile fornecem mudas para quase todos os países da América do Sul, inclusive para o Brasil. A maioria deles produzindo cultivares norte-americanas para as quais pagam por direitos de propriedade intelectual (royalties).

O Brasil, cada vez mais, tem importado mudas desses viveiros, aumentando sua dependência de fontes externas. Isso gera aumento dos custos de produção e atrasos no plantio que pode começar apenas no final de abril, sendo essa época tarde para algumas regiões que iniciam seus cultivos em março tais como São Paulo e Minas Gerais (ANTUNES; PERES, 2013). Além disso, a entrada dessas mudas em grande escala no território brasileiro coloca em risco a produção pela possibilidade de introdução de patógenos e pragas.

A principal alternativa para reduzir a dependência por cultivares importadas e diminuição de riscos fitossanitários, consiste no avanço dos programas de melhoramento genético brasileiros, que atualmente encontram-se estagnados ou em desenvolvimento lento.

O método de melhoramento do morangueiro que predomina no Brasil é o de hibridação de cultivares. Este é caracterizado por apresentar alto desempenho na obtenção de genótipos que são avaliados e selecionados com base em características fenotípicas superiores. Esses híbridos selecionados são clonados e podem ser submetidos a novos e sucessivos cruzamentos para promover aumento da frequência de alelos favoráveis. Ao serem obtidos, são testados no campo avaliando-se a estabilidade e a adaptabilidade. Após essa última etapa, os materiais selecionados podem ser lançados no mercado (ZAWADNEAK; SCHUBER; MÓGOR, 2013).

O morango é consumido *in natura* ou na forma de diversos produtos processados tais como sucos, geleias e outros. O mercado de morango para industrialização necessita de morangueiros produtivos, porém, pode absorver frutos com características de menor aceitação no mercado para consumo *in natura*. Desta forma, genótipos potenciais que não reúnam todos os atributos desejáveis para consumo *in natura*, mas que atendam os requisitos necessários para processamento, tais como produtividade e teor de pectinas, podem ser lançadas como cultivar para atender especificamente esse mercado.

A partir de 2009 a Embrapa Clima Temperado iniciou uma parceria por meio de programas de cooperação com instituições tradicionais do mundo para iniciar um banco de germoplasma e utilizar a variabilidade local (ANTUNES; PERES, 2013).

A reativação e fortalecimento dos programas de melhoramento nacionais para oferta de material genético de alta qualidade e adaptados às condições brasileiras, pode melhor suprir a demanda por matrizes pelos laboratórios nacionais e por viveiristas. Desta forma, poder-se-á ofertar mudas superiores para os produtores, aumentando a produtividade e sanidade dos cultivos. No entanto, nos estágios iniciais de um programa de melhoramento, a seleção de materiais promissores frequentemente torna-se um desafio para os melhoristas. Dependendo do método adotado, do número de indivíduos e de características avaliadas, torna-se difícil realizar todos os testes comparativos entre todos esses indivíduos.

Desta forma, como ferramenta auxiliar no tratamento estatístico dos dados e processo decisório acerca de quais híbridos avançarão no programa de melhoramento, pode-se fazer uso de índices de seleção. Esses índices constituem-se num caráter adicional, estabelecido pela combinação linear ótima de vários caracteres, preferencialmente não correlacionados, tornando-se possível efetuar, com eficiência, a seleção simultânea de caracteres. Isto proporciona oportunidade ao melhorista, de basear suas escolhas não em apenas dados de produção, mas também em dados relacionados ao conteúdo nutricional, tão relevante atualmente nas preferências do consumidor (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Selecionar híbridos de morangueiro, com aptidão para consumo *in natura* e/ou processamento, mediante aplicação de três índices de seleção, de modo a indicar os materiais mais promissores para as próximas etapas, ou mesmo para serem disponibilizados como cultivar.

2.2. Específicos

Determinar as características produtivas: número e massa média de frutos comerciais, massa de frutos não comerciais e massa total de frutos de híbridos de morangueiro;

Determinar as características de qualidade [pH, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação SS/AT, açúcares redutores e pectinas] e compostos bioativos (compostos fenólicos, ácido ascórbico e antocianinas) dos híbridos de morangueiro;

Selecionar híbridos de morangueiro mediante o uso dos índices: clássico (Smith, 1936 e Hazel, 1943), baseado em soma de “*ranks*” (Mulamba e Mock, 1978) e Genótipo-Ideótipo.

Identificar híbridos de morangueiro com aptidão para consumo *in natura* e/ou processamento.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Importância econômica

A produção de morangos no mundo dobrou na última década. Nos anos 2000 o Mundo produziu aproximadamente de 4,47 milhões de toneladas. Dados da FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), de 2014, demonstram que a colheita atingiu 8.114.373 toneladas. Os dez maiores produtores de morango no mundo são: China, Estados Unidos, México, Turquia, Espanha, Egito, República da Coreia, Polônia, Federação da Rússia e Alemanha (FAO, 2014). A Ásia responde por 48,9% da produção mundial, destacando-se a China, cuja produção em 2014 foi de 3.113.000 toneladas. Na sequência vem os Estados Unidos com 1.371.573 de toneladas, o México com 458.972 toneladas, a Turquia com 376.070 toneladas, a Espanha com 291.87 toneladas e o Egito com 283.471 toneladas. Apesar da produção na China ser expressiva, a sua produtividade é de cerca de 27 t ha⁻¹, enquanto que nos Estados Unidos é de 56 t ha⁻¹. A União Europeia não teve incremento expressivo de produtividade, mantendo-se em cerca de 11 t ha⁻¹ no período de 2000 a 2014 (FAO, 2014).

No Brasil, a área plantada atinge cerca de 4.000 hectares com uma produção estimada em mais de 105 mil toneladas por ano e produtividade média de 30 ton ha⁻¹, podendo alcançar 60 ton ha⁻¹ nos cultivos mais tecnificados (REISSER JR et al., 2015). Ao compararmos dados sobre a produtividade no Brasil com os dados de produtividade no Mundo obtidos da FAO, podemos observar que o Brasil se equipara a China, supera a União Europeia, mas ainda fica distante da produtividade dos Estados Unidos.

Os principais estados brasileiros produtores de morango são Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul, São Paulo, Espírito Santo, Santa Catarina e Distrito Federal com produtividades médias de 25, 32, 34, 21, 33, 34 e 40 t ha⁻¹, respectivamente (ZAWADNEAK; SCHUBER; MÓGOR, 2013).

No Paraná, a produção se concentra na Região Metropolitana de Curitiba (São José dos Pinhais, Araucária, Colombo, Almirante Tamandaré, Antônio Olinto, Mandirituba, Contenda e Lapa), no Norte Pioneiro (Jaboti, Pinhalão e Conselheiro Mairink) e nas cidades de Umuarama, Ponta Grossa, Maringá, Cascavel, Francisco Beltrão, Londrina e Campo Mourão (ZAWADNEAK; SCHUBER; MÓGOR, 2013).

A produção de morangos no Paraná passou de 8,3 mil para 14,3 mil toneladas representando um aumento de 58% entre 1999 a 2010. Isso é atribuído, em parte, a

importação de mudas frigorificadas do Chile, o que permitiu elevar a produtividade de 22.555 kg ha⁻¹ para 26.879 kg ha⁻¹, correspondendo a um aumento de 11,9%. Já a área, nesse mesmo período, teve um aumento de 44%. Em 2010, a área cultivada foi de 534,6 hectares, destacando-se os municípios de Jaboti (60 ha), São José dos Pinhais (55 ha) e Araucária (45 ha). O morango representa 1% do volume de produção estadual de frutas, mas participa com 9,5% do Valor Bruto de Produção (VBP) o que o torna a quarta fruta em renda no Paraná. Em 2010, o VBP da cultura foi cerca de R\$ 60 milhões de reais (ZAWADNEAK; SCHUBER; MÓGOR, 2013).

Dados da Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento do Paraná indicam que a cultura do morangueiro vem crescendo e, em 2015, assumiu a terceira posição na fruticultura do Estado, representando 12% do VBP da produção de frutos no Estado. Considerando toda a produção agropecuária, o morango representa 0,2% do total do VBP (Tabela 1). A área plantada e produção no Paraná vêm aumentando (Tabela 2) e também a produtividade, que em grandes municípios produtores como Jaboti, Araucária e São José dos Pinhais alcançaram, em 2015, 50, 40 e 42 t ha⁻¹, respectivamente.

Tabela 1. Produção, valor bruto da produção (VBP) e participação relativa na fruticultura do Paraná em 2014 e 2015. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2015.

Produto	Produção (mil toneladas)			VBP (milhões R\$)			% Participação (2015)	
	2014	2015	Variação	2014	2015	Variação	Grupo	Total
Laranja	959,45	921,93	-4%	279,60	315,34	13%	22%	0,4%
Uva	80,44	66,40	-17%	268,16	226,23	-16%	16%	0,3%
Morango	20,93	22,64	8%	125,13	164,15	31%	12%	0,2%
Banana	230,17	222,13	-3%	138,67	115,20	-17%	8%	0,1%
Melancia	130,44	125,91	-3%	88,66	88,14	-1%	6%	0,1%
Maçã	52,05	42,80	-18%	111,01	76,87	-31%	5%	0,1%
Tangerinas	121,10	115,93	-4%	67,19	75,81	13%	5%	0,1%
Ameixa	11,14	10,29	-8%	27,91	26,60	-5%	2%	0,0%
Pêssego	12,66	11,29	-11%	42,10	22,69	-46%	2%	0,0%
Outros				311,39	313,17	1%	22%	0,4%
Total				1459,82	1424,21	-2%	100%	2%

Fonte: SEAB/DERAL (PR) (2015) - Valor bruto da produção rural Paranaense

Tabela 2. Área de cultivo, produção de morango em 2015 para os dez principais produtores no Estado do Paraná. Guarapuava–PR, UNICENTRO, 2015

MUNICÍPIO	Área (ha)	Produção (t)	Valor (R\$)
Jaboti	100	5000	36.256.000
Araucária	65	2600	18.853.120
São José dos Pinhais	60	2520	18.273024
Pinhalão	50	2200	15.952.640
Ponta Grossa	36	700	5.075.840
Londrina	18	576	4.176.691
Santana do Itararé	12	350	2.537.920
São Tomé	7	210	1.522.752
Fazenda Rio Grande	5	175	1.268.960
Antônio Olinto	5	200	1.450.240
Total	358	14531	105.367.187

Fonte: SEAB/Emater (PR) (2015)

Atualmente, as cultivares mais plantadas no Brasil são Camarosa, Camino Real, Festival Flórida, San Andreas, Palomar, Albion, Aromas e Portola³.

3.2. Origem

A história do morangueiro remonta à época do Império Romano e talvez até aos Gregos. No entanto, por não ser uma cultura agrícola naquele período, há pouquíssimos registros, sendo o mais antigo deles encontrado em Plínio (23-79 a.C) no seu livro *História Natural*. O morangueiro foi registrado na literatura novamente no século XIII, em escritos do médico grego chamado Nicholas Myrepsus. A prática de cultivar o morangueiro iniciou a partir do sec. XIII, na França, ao transplantar *Fragaria vesca* L. de ocorrência silvestre, nos jardins, inicialmente com finalidades ornamentais. Ao se perceber que os frutos eram saborosos, passou-se a utilizá-los para consumo, tornando o morango um fruto apreciado pela realeza francesa e inglesa (DUSCHESNE, 1766; DARROW, 1966).

A primeira ilustração botânica ocorreu em 1485 em **Mainz Herbarius**, e a partir de 1500 o cultivo popularizou-se por toda a Europa. A partir de então, várias espécies passaram a ser descritas na literatura botânica e de ciências naturais, sendo que ao final do séc. XVIII, várias espécies já estavam bem descritas tais como *Fragaria moschata* (mais comum na Inglaterra e Rússia), *F. viridis* (morango verde) e *F. vesca*, (mais comum nos jardins

³ Comunicação pessoal Prof. Dr. Juliano Tadeu Vilela de Resende, UNICENTRO - PR

europæus) (DARROW, 1966).

A evolução do morangueiro ganhou impulso na Europa a partir de 1600, por meio da introdução de duas espécies trazidas do continente americano em diferentes momentos. A primeira, *Fragaria virginiana*, foi introduzida nos jardins botânicos da Europa, oriunda da América do Norte e a forma como isso ocorreu não está totalmente esclarecida. Por sua vez, há registros da espécie em documentos de John Tradescant e John Parkinson, sendo a este último mais aceito o crédito por essa introdução (DARROW, 1966). A segunda espécie foi *Fragaria chiloensis*, trazida pelo engenheiro militar Amédée François Frézier, o qual foi enviado por Luis XIV entre os anos de 1712 a 1714, para vistoriar as terras conquistadas do Chile (DARROW, 1966; ZAWADNEAK; SCHUBER; MÓGOR, 2013).

Em 1764, o botânico Atoine Nicolas Duschesne, a pedido do Rei Luis XV, forma uma coleção de morangueiros enviados de toda a Europa. Com esta coleção, inicia importantes estudos contando com a colaboração de cientistas, agricultores e jardineiros na investigação das características e comportamento das diversas espécies de *Fragaria* em seus locais de origem. Este estudo lhe permitiu perceber que as plantas de *Fragaria chiloensis* da Europa só possuíam flores femininas e a produção de frutos só era possível se fossem cultivadas próximas de outras espécies. Duschesne observou que o cruzamento casual entre *Fragaria chiloensis* e *Fragaria virginiana* produzia frutos muito aromáticos lembrando o abacaxi, denominando-o então como *Fragaria x ananassa*. E rapidamente o novo morangueiro espalha-se por toda a Europa (DARROW, 1966).

Ao final de muitos estudos, em 1766, Duschesne publicou o primeiro grande livro sobre o morangueiro intitulado “**L'Histoire Naturelle des Fraisiers**”, contendo descrição botânica de dez espécies e oito variedades, com a história da sua introdução, cultivo e distribuição desde as primeiras referências botânicas em livros de medicina e catálogos de jardim até o ano em que seu livro foi publicado. Também nessa publicação, o autor apresentou as primeiras hipóteses sobre a origem das espécies de morangueiro, baseado nas diferenças morfológicas e locais de origem fazendo o desenho de uma árvore genealógica (DARROW, 1966).

Os conhecimentos gerados por Duschesne são utilizados até os dias atuais, inclusive no melhoramento genético do morangueiro. Uma rica síntese e descrição da história, origem e genealogia do morangueiro podem ser encontradas em Darrow (1966), Njuguna (2010) e Zawadneak et al. (2013).

3.3. Descrição taxonômica e filogenética

O Morangueiro pertence ao gênero *Fragaria* L. Tribo Potentilleae; subfamília Rodoideae, família Rosaceae, ordem Rosales, subclasse Rosidae, classe Magnoliopsida (Dicotiledoneae), divisão Magnoliophyta (Angiospermae) (CRONQUIST, 1988). São descritas onze espécies ancestrais de ocorrência natural (DARROW, 1966).

Diferentes níveis de ploidia podem ser resultado da meiose incompleta durante a formação de gametas na qual a citocinese na fase dois não ocorre, mantendo o genoma duplicado. Também pode ocorrer por duplicação espontânea do genoma formado no cruzamento intraespecífico ou interespecífico. Muitas espécies vegetais passaram por esse fenômeno na sua história evolutiva. Há duas formas distintas de poliploidia: a autopoliploidia que ocorre quando o genoma duplicado tem origem dentro da espécie; e a alopoliploidia quando o genoma duplicado é originado de espécies diferentes (TAIZ; ZEIGER, 2013).

O morangueiro cultivado, *Fragaria x ananassa* Duch, é um octaploide com número básico de cromossomos igual a sete ($2n = 8x = 56$) (HANCOCK; HANCOCK, 1999). Staudt (2009), após longos anos de estudos, sistematizou quatro características importantes para a definição taxonômica do morangueiro: 1- número de cromossomos; 2- ramificação dos estolões; 3- expressão sexual e outros mecanismos de cruzamento; e 4- morfologia do grão de pólen. A partir destas, o autor agrupou as espécies de morangueiro em cinco níveis de ploidia, conforme Tabela 3.

Tabela 3. Espécies de *Fragaria* de acordo com o nível de ploidia e expressão sexual.

	Hermafrodita	Heteróico/dióico
Diploide	<i>x bifera</i>	Subsp. <i>bracteata</i> :
	<i>bucharica</i> a*	(gynomonóica)
	<i>chinensis</i> a	
	<i>daltoniana</i>	
	<i>Hayatai</i>	
	<i>linumae</i>	
	<i>mandshurica</i> a?	
	<i>nilgerrensis</i>	
	<i>nipponica</i> a	
	<i>nubicola</i> a	
	<i>pentaphylla</i> a	
	<i>Vesca</i>	
	<i>viridis</i> a	
Tetraploide		<i>corymbosa</i>
		<i>gracilis</i>
		<i>moupinensis</i>
		<i>orientalis</i>
		<i>tibetica</i>
Hexaploide		<i>moschata</i>
Octaploide	<i>chiloensis</i> subsp. <i>sandwicensis</i>	<i>x ananassa</i> subsp. <i>cuneifolia</i>
	<i>iturupensis</i>	<i>x bringhurstii</i>
		<i>chiloensis</i>
		<i>virginiana</i>

*a: autoincompatível

Fonte: Adaptado de Staudt (2009).

Staudt (2009) também propôs a distribuição geográfica (Figuras 1 e 2) das diferentes espécies de *Fragaria*.

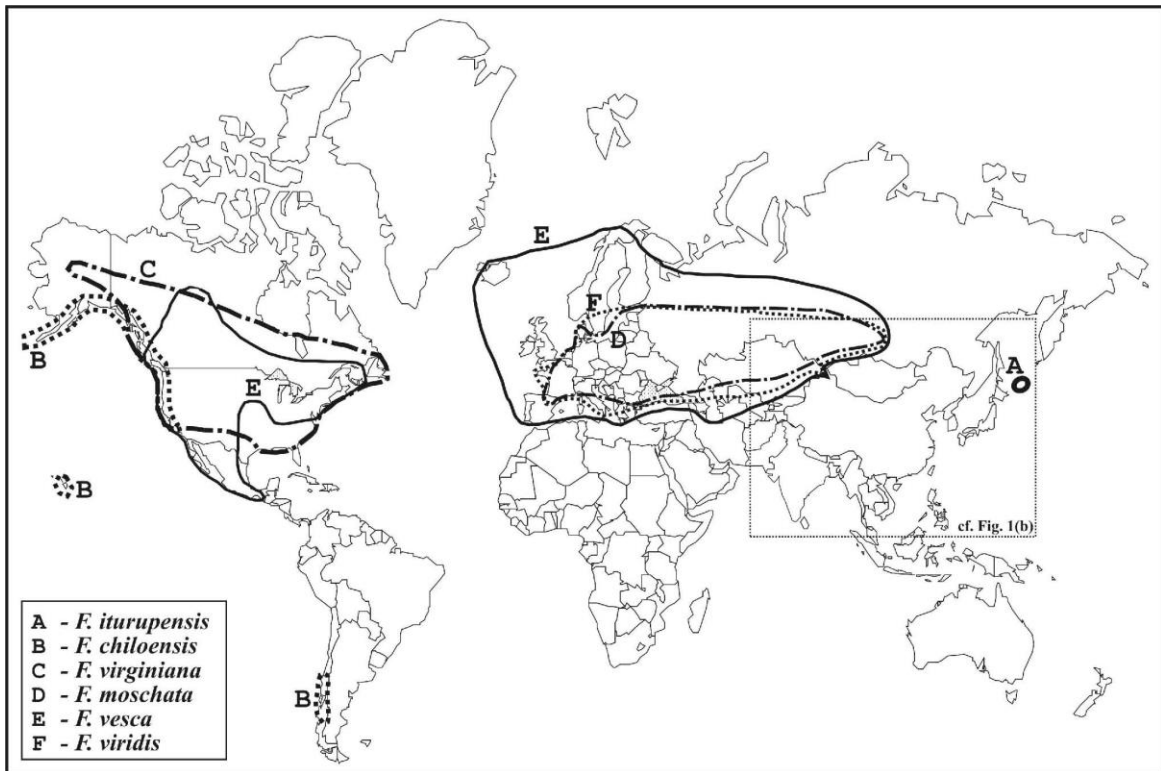


Figura 1. Distribuição geográfica de espécies de *Fragaria*: espécies octaploides, hexaploides e *F. vesca* e *F. viridis* (STAUDT, 2009).

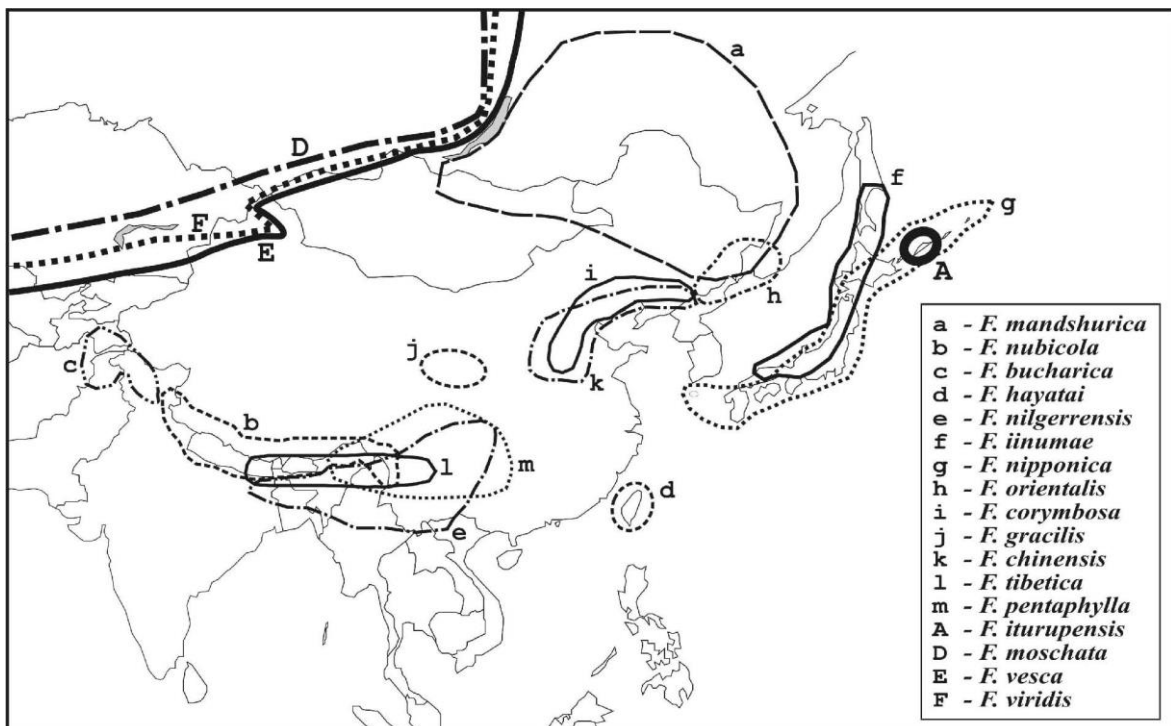


Figura 2. Distribuição geográfica de espécies Asiáticas de *Fragaria* spp. (STAUDT, 2009).

Os diferentes níveis de ploidia tornam complexa a tarefa de esclarecer a filogenia do gênero *Fragaria*. A primeira fórmula genômica foi proposta por Federova (1946) (AABBBBCC) e a segunda por Senanayake e Bringhurst (1967) (AAA'A'BBBB) sendo novamente revisado por Bringhurst (1990) (AAA'A'BBB'B'). Estudos mais recentes propõe a fórmula genômica YYY'Y'ZZZZ / YYYYYZZZZ baseado em sequências de genes nucleares e de cloroplastos e características morfológicas, nos quais se evidencia a contribuição de duas a quatro espécies diploides na formação das espécies octaploides, o que dá suporte à origem aloploiploide do hexaplóide *F. moschata* e dos octaploides *F. chiloensis*, *F. iturupensis* e *F. virginiana* (ROUSSEAU-GUEUTIN et al., 2009). As fontes diploides específicas do genoma octaploide ainda não são bem esclarecidas, mas indica *F. vesca*, *F. mandshurica* e *F. iinumae* (SENANAYAKE; BRINGHURST, 1967; HARRISON et al., 2000; POTTER; LUBY; HARRISON, 2000; DAVIS; DIMEGLIO, 2004; HUMMER; HANCOCK, 2009; ROUSSEAU-GUEUTIN et al., 2009), como possíveis contribuintes (Figura 3).

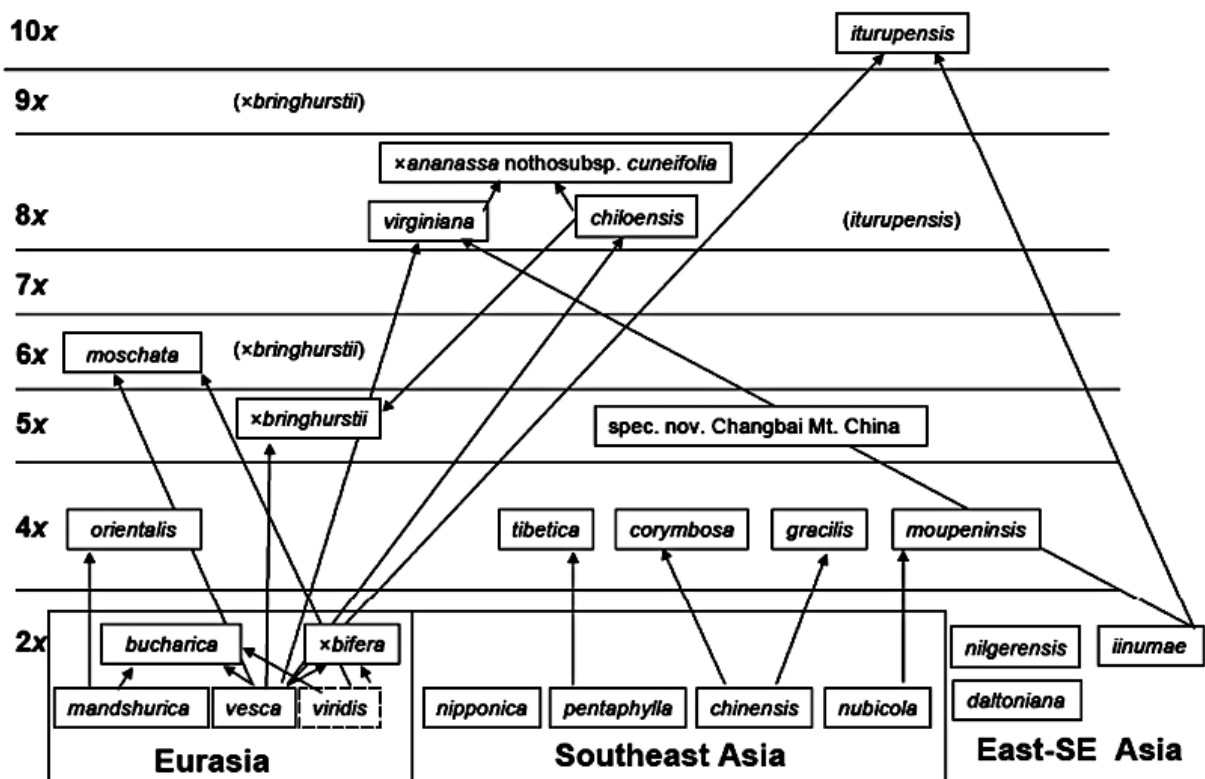


Figura 3. Hipótese de relações filogenéticas intragenéricas em *Fragaria* spp baseada em sequências de genes nucleares (HUMMER; HANCOCK, 2009).

3.4. Descrição morfológica geral

O morangueiro é uma planta herbácea, anual, estolonífera, de pequeno porte formando pequenas touceiras. Pode ser descrita, de modo geral, como a seguir:

Sistema radicular: superficial e fasciculado, com cerca de 90% das raízes concentradas nos primeiros 20 cm do solo (PALHA et al., 2005). Surgem adventiciamente da base das novas folhas ao redor da coroa, apresentando aspecto fibroso e dividindo-se em primárias e secundárias (FILGUEIRA, 2008). O seu desenvolvimento é maior nos períodos de dias curtos (menos de 12 horas de luz) (MELO; BORTOLOZZO; VARGAS, 2006)

Caule: é um rizoma estolonífero, curto, de formato cilíndrico e retorcido, do qual surgem folhas trifoliadas com diferentes fases de desenvolvimento dispostas em roseta formando um conjunto chamado coroa. A planta é formada por uma ou mais coroas das quais emergem folhas, inflorescências, estolões e raízes adventícias. Cada coroa funciona como uma unidade independente na planta com pequeno crescimento dando o aspecto de roseta (PALHA et al., 2005).

Folha: constituídas por três folíolos (trifoliadas) de bordos serrilhados e com características de cor e formato diferindo entre cultivares. A emissão de folhas em plantas com bom desenvolvimento é de uma a cada 8 a 12 dias, influenciada pela soma térmica (TAZZO et al., 2015). Cada folha vive de um a três meses. Os pecíolos possuem estípulas de proteção em sua base, na qual também se encontram as gemas. Estas podem evoluir em estolões ou novas coroas (PALHA et al., 2005). As folhas podem ter de 300 a 400 estômatos por mm², o que torna o morangueiro uma planta bastante sensível ao estresse hídrico, altas temperaturas e intensidade luminosa (MELO; BORTOLOZZO; VARGAS, 2006).

Estolões: são ramos especializados que se desenvolvem a partir das gemas basais das folhas (MELO; BORTOLOZZO; VARGAS, 2006). Resultam em novas plantas sendo seu surgimento favorecido pelo aumento do fotoperíodo (PALHA et al., 2005). Por meio da emissão de estolões, o morangueiro pode se reproduzir assexuadamente (CAMARGO et al., 1993).

Inflorescência: é terminal, emergindo das estípulas da folha imediatamente abaixo dela durante a sua expansão. A inflorescência típica do morangueiro possui uma flor primária, que é a mais velha, duas flores secundárias, quatro flores terciárias e oito flores quaternárias. (PALHA et al., 2005).

Flores: são andróginas e hemicíclicas, com cálice formado por brácteas unidas na base. As pétalas são livres, lobuladas podendo ser brancas ou avermelhadas (MELO; BORTOLOZZO; VARGAS, 2006). São autoférteis (CRANE; WALKER, 1984), mas com diferentes taxas de autofecundação nas diferentes cultivares (CONNOR; MARTIN, 1973). Possuem em geral cinco sépalas e cinco pétalas podendo, conforme a cultivar, ser elíptica, redonda ou oval. Possui de 20 a 30 estames e um número característico de pistilos (60 a 600), com estames dispostos ao redor dos ovários. As flores primárias formam frutos maiores e as flores secundárias e terciárias por possuírem um número menor de pistilos formam frutos menores (PALHA et al., 2005)

Fruto: formados pela fecundação dos óvulos de vários carpelos desenvolvendo um fruto composto contendo diversos aquênios, resultante da hipertrofia de cada receptáculo (PALHA et al., 2005).

3.5. Descrição dos genitores

A maior parte dos materiais genéticos utilizados nos programas de melhoramento no Brasil é oriunda de programas de melhoramento de outros países. As cultivares 'Aromas', 'Camarosa', 'Dover', 'Oso Grande' e 'Sweet Charlie' provém dos Estados Unidos e a cultivar 'Milsei Tudla' da Espanha (BRAHM; UENO; OLIVEIRA, 2005)

O conhecimento das informações genéticas do germoplasma pode ser obtido por vários métodos como, por exemplo, o estudo de divergência genética baseada em caracteres morfoagronômicos (MORALES et al., 2011) e estudos utilizando marcadores moleculares (NUNES et al., 2013). Morales et al. (2011) em um estudo de divergência genética de 11 cultivares de morangueiro obtiveram dendograma comparando as similaridades entre Dover x Oso Grande (24%), Dover x Milsei Tudla (24%), Dover x Sweet Charlie (24%), Dover x Camarosa (29%), Milsei Tudla x Oso Grande (33%) apresentaram baixa similaridade, não se correlacionando com a genealogia dessas cultivares. No entanto, a cultivar Milsei Tudla apresentou a menor similaridade e revelou-se potencial para futuros cruzamentos para ampliação da base genética.

Estudo utilizando marcadores moleculares ISSR analisou a variabilidade genética em populações obtidas dos seguintes cruzamentos: 'Toyonoka' x 'Sweet Charlie', 'Camino Real' x 'Sweet Charlie', 'Oso Grande' x 'Sweet Charlie', 'Oso Grande' x 'Toyonoka', 'Dover' x 'Oso Grande' e 'Camino Real' x 'Toyonoka'. Esse estudo revelou grande variabilidade genética de

cada genótipo sendo que o cruzamento entre Dover e Oso Grande o que apresentou maior divergência genética entre os genitores (NUNES et al., 2013).

Essas informações genéticas são de fundamental importância no planejamento, execução e sucesso do programa de melhoramento, pois permite definir as melhores estratégias para manipulação do germoplasma, escolha de genitores com características genéticas de interesse e seleção de híbridos elite. A seguir serão descritas as principais características dos genitores utilizados para a obtenção dos *seedlings* avaliados neste experimento

3.6. Sensibilidade do morangueiro ao fotoperíodo:

Stewart et al. (2010) em ampla revisão sobre a sensibilidade do morangueiro ao fotoperíodo, relata que Darrow (1936), em seus primeiros estudos a respeito da resposta ao fotoperíodo, observou que a maioria dos genótipos induziu maior número de flores sob fotoperíodo entre 9,5 a 13,5 horas, com um ótimo de 12 horas. Mas há outros estudos onde se avaliou genótipos, nos quais a floração ótima foi obtida com períodos de entre 8 e 12 horas. De acordo com Darrow (1966), acredita-se que os primeiros octaplóides cultivados floresciam sob dias curtos (DC), embora haja uma variação considerável no comportamento e limite de fotoperíodo necessário. No entanto, com o avanço das hibridações e aprofundamento dos estudos, consideram-se alguns genótipos também como de dias curtos àqueles que florescem com períodos de luz inferiores a 14 horas, mesmo que menos exigentes em frio, sendo esta uma extensão do espectro existente de sensibilidade e não um hábito de floração distinto (FAEDI; MOURGUES; ROSATI, 2002). Há três fatores de grande influência na resposta ao fotoperíodo: genótipo, temperatura e frigorificação das mudas (STEWART; FOLTA, 2010)

É interessante notar que, embora fotoperíodos curtos sejam necessários para uma melhor indução floral, sua continuidade pode atrasar o desenvolvimento floral. Alguns estudos mostraram que a continuação do fotoperíodo curto pode retardar o desenvolvimento de botões previamente iniciados em comparação com fotoperíodos mais longos (MOORE; HOUGH, 1962; DURNER; POLING, 1987). Portanto, o morangueiro é uma planta de dia curto quanto a indução floral, mas de dia longo para o desenvolvimento das flores (SALISBURY e ROOS, 1992). Relação semelhante também foi observada para a temperatura.

Outro hábito de frutificação observado em morangueiro é o não sensível ao fotoperíodo. Esse hábito foi verificado inicialmente em *Fragaria virginiana* subsp. *glauca* que florescia no verão e no outono (DARROW, 1966). Um grande número de genótipos dessa espécie foi avaliado nas décadas de 1930 e 1940 e incluído nos programas de melhoramento. Mas o maior impacto dessa introdução ocorreu na década de 1970 na Universidade da Califórnia quando uma única seleção de *F. virginiana* subsp. *glauca*, com origem nas montanhas Wasatch em Utah, foi utilizada para introdução desse hábito de florescimento nas cultivares comerciais (BRINGHURST; VOTH, 1984). Os morangueiros derivados desta fonte constituíram a maioria das cultivares plantadas na Califórnia em 1999 (HANCOCK, 1999).

As cultivares de dias neutros apresentam melhor tolerância ao calor e possuem período de colheita mais amplo, sendo, no entanto, mais difíceis de propagar e com menor formação de estolões (DURNER et al., 1984).

Cultivar indiferente ao fotoperíodo:

3.6.1. Aromas

É uma cultivar de dia neutro, designada inicialmente como CN209, originada do cruzamento realizado em 1991 na Universidade da Califórnia (EUA) entre as seleções avançadas de Cal 87.112-6 e Cal 88.27-1 (SHAW, 1998). Esta é considerada cultivar de dia neutro porque possui a capacidade de florescer e frutificar em taxas similares, sob variações fotoperiódicas (STEWART; FOLTA, 2010).

De colheita tardia (SHAW, 1998) seus frutos apresentam bom tamanho, coloração vermelho vibrante e sabor bom. A planta é precoce, com médio vigor e relativamente resistente a oídio e indicada para cultivos no verão (BERNARDI et al., 2005). A polpa é firme e com cavidade interna do fruto de tamanho médio. Os teores de açúcares, acidez e *flavor* (sabor e aroma) são medianos, apresentando, portanto, boas propriedades organolépticas. Apresentam boa qualidade para o consumo *in natura* e para a industrialização (CARVALHO; LORENCETTI; BENIN, 2004).

A planta possui densidade foliar média, com folhas de tamanho médio e formato de recorte arredondado, com coloração adaxial verde escura, brilho médio e estípula pequena. Segundo este mesmo autor o início da floração é precoce e as flores são posicionadas acima

do dossel, possuindo de 5 a 8 pétalas. O cálice e a corola são médios sendo do mesmo tamanho (SHAW, 1998)

Cultivares de dia curto

3.6.2. Camarosa

Camarosa é uma cultivar de dia curto, ou seja, que floresce e produz sob fotoperíodo menor que 14 horas (STEWART; FOLTA, 2010). Inicialmente designada por ‘Cal. 88.24-603, desenvolvida na Universidade da Califórnia (EUA) em 1988, resultado do cruzamento entre a cultivar ‘Douglas’ e o híbrido avançado ‘Cal. 88.218-605’ (VOTH; SHAW; BRINGHURST, 1994).

As plantas são de vigor intermediário e com densidade foliar média. Suas folhas são de tamanho médio com recortes das bordas de formato arredondado, coloração da superfície adaxial verde clara com brilho médio e estípulas ausentes. O início da floração é muito precoce com flores posicionadas no meio do dossel contendo de 5 a 8 pétalas. Corola e cálice são médios e do mesmo tamanho, sendo o cálice de fácil remoção. O fruto primário é grande e de formato quase cilíndrico, coloração vermelha escura e brilho médio. Os aquênios são de tamanho intermediário e em grande número e inclusos na epiderme. A colheita é precoce, com frutos de polpa vermelha e muito firme, possuindo cavidade interna pequena, alto teor de açúcar, teores medianos de acidez e *flavor* o que lhe confere boa qualidade organoléptica (VOTH; SHAW; BRINGHURST, 1994).

Esta é uma cultivar suscetível à mancha de micosferela (*Mycosphaerella fragariae*), à antracnose (*Colletotrichum fragariae* e *Colletotrichum acutatum* Simmonds) e ao mofo cinzento (*Botrytis cinérea*) (SANTOS, 2005).

3.6.3. Dover

A cultivar ‘Dover’ é de dia curto, foi desenvolvida na Universidade da Flórida (EUA) e foi selecionada em função da presença de resistência à antracnose, nas condições da Flórida. É resultado do cruzamento realizado em 1973 entre a cultivar ‘Florida Belle’ e o clone ‘Fla. 71-189’ (HOWARD; ALBREGTS, 1980).

É uma planta que apresenta vigor médio e alta produtividade, com coroas grossas. A produção inicial é precoce, cujo fruto é pequeno e com formato cônico-alongado, com epiderme e polpa de coloração vermelha-intensa, pouco ácida e de aroma pouco evidente, resultando em frutos de baixo *flavor*. Apresenta alta sensibilidade ao ataque de *Xanthomonas* e tolerância a fungos de solo. Por ser um fruto de boa firmeza, essa é uma cultivar utilizada quando destinada a mercados bastante distantes do local de produção, uma vez que possui boa conservação pós-colheita (HOWARD; ALBREGTS, 1980; SANTOS, 2005).

3.6.4. Festival Flórida

Desenvolvida na Universidade da Flórida (EUA) em 1995 por meio do cruzamento entre ‘Rosa Linda’ e ‘Oso Grande’. Foi liberada para o plantio nos Estados Unidos a partir do ano 2000. É uma planta vigorosa e produtiva, possuindo folhas com bordos de aspecto serrilhado e pecíolos de 120 mm de comprimento. Os frutos ficam situados próximos à coroa e apresentam textura firme, sabor moderadamente ácido, formato cônico, coloração externa vermelha escura e interna vermelha brilhante. São extremamente resistentes à chuva. Quanto a doenças: é suscetível à antracnose (*Colletotrichum acutatum* Simmonds e *Colletotrichum gloeosporoides* Penz) e mancha angular (*Xanthomonas fragariae* Kennedy e King). É menos suscetível a botrytis (*Botrytis cinerea* Pers. Ex Fr) do que a cultivar ‘Sweet Charlie’. Também é menos suscetível a oídio (*Spherotheca macularis* [Wallr. ex. Fr] Jacz f. sp. *fragariae*) do que a cultivar ‘Camarosa’. É relativamente suscetível ao ácaro (*Tetranychus urticae* Koch) (CHANDLER; LEGARD; DUNIGAN, 2000).

3.6.5. Oso Grande

Cultivar de dia curto, lançada pela Universidade da Califórnia (EUA) em 1981. Inicialmente designada como ‘Cal. 81.43-603 sendo resultado do cruzamento entre a cultivar ‘Parker’ e o clone ‘Cal. 77.3-603 (VOTH; BRINGHURST, 1989). Esta cultivar possui vigor médio-forte com densidade foliar média e as folhas tem tamanho médio, bordos de aspecto serrilhado, cor da face adaxial verde escuro, com médio brilho e grandes estípulas.

O início da floração da cultivar é precoce, estando as flores posicionadas no meio do dossel. Estas possuem de cinco a oito pétalas, corola e cálice médios e sendo do mesmo tamanho. O fruto primário é grande, de formato cuneiforme, com inserção ao nível do cálice,

coloração vermelha escura, pouco brilho e com epiderme medianamente resistente. O cálice é de tamanho médio e medianamente fácil de destacar; as sépalas são de tamanho médio. Os aquênios são de tamanho intermediário e estão presentes em grande número e emergindo na epiderme.

A polpa do fruto é amarela esbranquiçada e firme, a cavidade interna é grande. O fruto também possui altos teores de açúcares e teores medianos de acidez e *flavor*, conferindo-lhes propriedades organolépticas medianas. A colheita dos frutos não é nem precoce e nem tardia (VOTH; BRINGHURST, 1989). É sensível a fungos de solo, à mancha de micoserela (*M. fragariae*) e à antracnose (*C. fragariae* e *C. acutatum*), porém, é tolerante ao mofo cinzento (*B. cinerea*) (SANTOS; MEDEIROS, 2003).

3.6.6. Sweet Charlie

Esta é uma cultivar de dia curto, inicialmente designada por ‘FL. 85-4925 e que foi desenvolvida na Universidade da Flórida em 1980. É resultado do cruzamento entre a cultivar ‘Pajaro’ e o clone ‘FL. 80-456 (HOWARD, 1994).

É uma planta vigorosa, com média densidade foliar. Suas folhas são de tamanho médio com recorte dos bordos arredondados, cor da superfície adaxial verde-escura, brilho médio e estípulas grandes. O início da floração é muito precoce, com as flores posicionam-se no meio do dossel, possuindo de cinco a oito pétalas, com corola e cálice médios e do mesmo tamanho. A colheita é muito precoce, com o fruto primário de tamanho médio e formato quase cilíndrico e incluso no cálice. A epiderme é medianamente resistente, com coloração vermelha escura e brilho muito forte. O cálice é de fácil remoção. As sépalas são de tamanho médio. Os aquênios são de tamanho e número intermediários e são emergentes na epiderme. A polpa é vermelha e pouco firme e a cavidade interna é pequena. Possui altos teores de açúcar e teores medianos de acidez e *flavor*, apresentando boa qualidade organoléptica (HOWARD, 1994).

3.6.7. Milsei Tudla

Esta é uma cultivar de dia curto, desenvolvida na Espanha, mediante o cruzamento das cultivares ‘Parker’ e ‘Chandler’ (SANTOS; MEDEIROS, 2003). Possui vigor médio-forte e densidade foliar média. As folhas são médias, com formato do recorte arredondado, cor da

superfície adaxial verde-claro com médio brilho foliar e estímulas pequenas. O início da floração é precoce, com as flores posicionadas no meio do dossel. Estas possuem de cinco a oito pétalas, corola de tamanho médio e maior que o cálice. O fruto primário é grande e de formato quase cilíndrico, com inserção no cálice saliente e a epiderme não apresenta resistência.

Os frutos são de coloração vermelha escura e brilho médio, com aquênios salientes na epiderme e polpa vermelha, firme e com a presença de uma pequena cavidade interna. Estes apresentam teor muito alto de açúcar, alta acidez e *flavor* mediano, conferindo-lhe boa qualidade organoléptica. A colheita é precoce (FAEDI et al., 2009) É uma cultivar tolerante ao mofo cinzento (*B. cinerea*) e susceptível à mancha de micosferela (*M. fragariae*) e à antracnose (*C. fragariae* e *C. acutatum*) (SANTOS; MEDEIROS, 2003).

3.7. Aptidão para consumo *in natura* e processamento

A escolha correta das cultivares é o ponto de partida de um cultivo de sucesso. De acordo com Antunes (2013), 98% da produção de morangos no Brasil são destinadas ao consumo *in natura*.

Entre as décadas de 1980 e 2000, regiões como a de Pelotas (RS) eram tradicionalmente conhecidas pela produção de morango-indústria, na qual se destacaram as cultivares Burkley, Santa Clara, Vila Nova, Sequóia, Cruz, Chandler, Guarani e Konvoy-Cascata (RONQUE, 1998; RADMANN et al., 2006; BECKER, 2017). Estas cultivares apresentam características desejáveis para o processamento, tais como aroma e sabor agradáveis, acidez pronunciada, cor vermelho brilhante, pequeno tamanho e textura apropriada ao congelamento por IQF (Individual Quick Frozen – rápido congelamento individual). Por isso eram as preferidas para industrialização, uma vez que mantém a coloração e o aroma do produto final (AMARO, 2002).

Cultivares para uso industrial devem apresentar características como frutos de tamanho médio e bem vermelhos interna e externamente, possuindo aquênios pequenos e pouco numerosos. O cálice deve se destacar facilmente e o formato deve ser cônico ou arredondado. A polpa firme é importante para que o fruto permaneça íntegro no cozimento e a coloração vermelha mais intensa é importante para o cozimento e também para o congelamento, pois mantém o fruto com boa aparência por vários meses. A indústria recebe frutos de vários tamanhos, sendo esse um atributo secundário (RONQUE, 1998).

A partir dos anos 2000, as tradicionais cultivares com aptidão para processamento foram sendo substituídas principalmente pela cultivar Camarosa, cujas características atendem melhor o mercado *in natura*. Dificuldades como a obtenção de mudas nacionais de alta qualidade e sadias, o alto custo e atraso no plantio das mudas importadas, dificuldades na produção e no transporte além de entraves operacionais no processamento, levaram ao declínio da produção de morangos tipo indústria naquele período (AMARO, 2002)

No Brasil, há poucos fornecedores de mudas nacionais certificadas e de qualidade, sendo que, de acordo com Antunes (2013), há apenas uma empresa de produção de mudas matrizes que comercializa mudas frescas para o plantio. No entanto, vem crescendo a utilização de mudas frigorificadas do Chile e Argentina para plantios em setembro que é a época da produção de verão, utilizando-se principalmente cultivares de dia neutro como Aromas e Albion.

As cultivares com aptidão para processamento foram desenvolvidas na década de 1970 e lançadas na década de 1980 e atualmente estão ultrapassadas em termos de produtividade e resistência a patógenos (RADMANN et al., 2006). A literatura não traz estudos a respeito do desenvolvimento de cultivares com melhores atributos visando atender as demandas do processamento. O mercado da industrialização é bastante diverso e hoje recebe também os frutos que não atendem os padrões do mercado *in natura*. Desta forma, identificar híbridos que apresentem características físicas como firmeza, tamanho e cor e também características físico-químicas como acidez, teor de sólidos solúveis e teor de pectina, pode atender as especificidades do mercado de processamento.

3.8. Características físico-químicas dos frutos

As características consideradas de importância em programas de melhoramento são: produtividade, vigor, sensibilidade ao fotoperíodo, resistência a fatores climáticos (calor, frio), tempo e uniformidade de maturação dos frutos e tolerância a pragas e doenças. Em relação às características de qualidade dos frutos, fatores relacionados ao sabor, forma, cor, firmeza, brilho e teores de componentes bioativos (vitaminas, compostos fenólicos, açúcares, etc) tem adquirido relevância. Isso se deve às demandas crescentes dos consumidores por produtos ricos em compostos que favoreçam a saúde, uma vez que estudos médicos demonstram o efeito benéfico de seus compostos (SHAW, 1990; CASTRO, 2004; HANNUM, 2004; CHITARRA; CHITARRA, 2005; ANTUNES; HOFFMANN, 2012).

Compostos bioativos, tais como ácido ascórbico e flavonóis, encontrados nos frutos de morangueiro, têm sido relacionados com a capacidade de prevenir ou reduzir a suscetibilidade a infecções, com ação sobre doenças como gota e reumatismo (HANNUM, 2004). Basu (2014) e Forbes-Hernandez (2015) relataram que diversas observações clínicas e epidemiológicas, reforçam as evidências dos benefícios do consumo de morangos. As principais evidências observadas nos estudos estão relacionadas aos efeitos antioxidativos, anti-inflamatórios, anti-hipertensivos, anticancerígenos, dietas de baixa caloria, e mais recentemente à distúrbios neurodegenerativos relacionados à idade.

Entre os flavonóides, as antocianinas estão presentes nos frutos do morangueiro em altos teores. Antocianinas são pigmentos e estão entre os mais importantes nos vegetais depois da clorofila, sendo os responsáveis pela coloração vermelha. Em estudo a respeito do teor de antocianinas em suco de morango de 39 cultivares, Bakker (1992) identificou 13 picos distintos em cromatografia líquida de alta resolução, indicando a existência de vários tipos distintos desses compostos em morango.

Esses compostos são cada vez mais valorizados para o consumo *in natura* e são atributos importantes para a seleção de cultivares visando atender o mercado de frutos frescos. No entanto, para o processamento, algumas características físico-químicas são mais relevantes. Características físicas como a firmeza e coloração vermelha intensa externa e interna são desejáveis, pois mantém a forma e coloração dos frutos após alguns tipos de processamentos (RONQUE, 1998). Atributos químicos desejáveis para processamento também podem ser destacados como a acidez e o pH, sólidos solúveis e pectinas.

O sabor do morango é influenciado pelo equilíbrio entre o teor de açúcares e ácidos presentes nos frutos maduros. Os ácidos orgânicos, após os açúcares, são o segundo principal constituinte dos sólidos e são formados principalmente por ácido cítrico (92% e ácido málico (9%) (CORDENUNSI, 2002). Frutos com acidez mais pronunciada são desejáveis para o processo de industrialização e apresentam efeito importante sobre a estabilidade das antocianinas e, portanto, na coloração dos frutos (HOLCROFT; KADER, 1999; CONTI; MINAMI; TAVARES, 2002), além disso, tem efeito sobre o processo de geleificação das pectinas (CORDENUNSI, 2002).

O teor de sólidos solúveis é expresso em °Brix e indica a quantidade de sólidos, especialmente açúcares, dissolvidos na água contida no fruto. Esses teores tendem a aumentar na medida em que os frutos amadurecem e variam conforme a cultivar e clima. Elevados teores de sólidos solúveis são desejáveis, tanto para o consumo *in natura*, quanto para o

processamento. Teores médios encontram-se em torno de 8% em frutos maduros (RONQUE, 1998; CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O teor de pectina também é uma característica importante em processos de industrialização. Ela é um polissacarídeo e está presente em uma grande variedade de vegetais. Pode ser utilizada como um texturizador, estabilizador e emulsionante em vários alimentos processados, como as geleias, conservas, polpas e como ingrediente de derivados lácteos, entre outros usos industriais. Os alimentos ricos em pectina também podem ser utilizados em dietas de baixa caloria, em substituição ao açúcar e gordura. A geleificação é a propriedade mais importante da pectina, o que ocorre na presença de íons de Ca^{2+} ou de soluções de baixo pH, tornando-a um componente importante em alimentos e produtos farmacêuticos (THAKUR; SINGH; HANDA, 1997).

3.9. Variabilidade genética do morangueiro no Brasil

O cruzamento sistemático de morangueiros com o objetivo do melhoramento teve início na Inglaterra com Thomas A. Knight usando um pequeno número de exemplares nativos e cultivados. Já o melhoramento norte americano do morangueiro teve início em meados do século XVIII com um número restrito de cultivares do grupo Europeu de *Fragaria x ananassa* Dusch, genótipos de *Fragaria chiloensis* da América do Sul e *F. virginiana* da América do Norte. Esse material genético predominou nos programas de melhoramento público e privado durante muito tempo constituindo, portanto, uma base genética estreita (HANCOCK et al., 2010). Isso foi evidenciado no estudo de Dale e Sjulín (1990) no qual a análise do material genético do citoplasma, que tem origem materna, revelou que das 134 cultivares de parentesco conhecido, lançadas nos Estados Unidos entre 1960 e 1987, apenas 17 tiveram citoplasmas em comum identificados, o que é consideravelmente menor do que os 53 clones fundadores identificados por esses pesquisadores.

O resgate da variabilidade genética vem sendo realizado por meio de experimentos com cruzamentos de genótipos elite de *F. chiloensis* e *F. virginiana*, originados de materiais silvestres com características de interesse, como resistência a estresses abióticos e bióticos e melhoria das características físico-químicas dos frutos (LUBY et al., 2008; HANCOCK et al., 2010; CHANDLER et al., 2012).

De acordo com Chandler (2012), estão ativos mais de 40 programas de melhoramento no mundo com um grande volume de germoplasma disponível para pesquisas e

desenvolvimento de cultivares para as características de interesse econômico. No Brasil, conforme Castro (2004), são escassos os programas de melhoramento para o morangueiro, sendo os trabalhos de maior destaque os que foram conduzidos, principalmente, no Instituto Agrônomo de Campinas-SP, iniciando em 1941, e na Estação Experimental de Pelotas-RS, hoje Embrapa Clima Temperado, iniciando em 1950. Ainda de acordo com esse autor, vários dos materiais utilizados nesses programas foram obtidos de genótipos introduzidos a partir dos programas de melhoramento dos Estados Unidos por meio da importação de mudas e aquênios. Estes programas contribuíram imensamente para o aumento da produtividade e da importância da cultura do morangueiro no Brasil.

Apesar da boa adaptabilidade das cultivares dos programas nacionais, os últimos registros de lançamento são de 1999. A Embrapa Clima Temperado, após uma descontinuidade de quase dez anos, retomou o programa a partir de 2008, de modo cooperativo com instituições internacionais tradicionais para a formação de um banco de germoplasma usando a variabilidade local (BARNECHE; BONOW, 2012; ANTUNES; PERES, 2013). Também estão ativos programas de melhoramento na Universidade Federal de Lavras (MG) e Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná (PR)⁴.

A maior parte das cultivares utilizada no Brasil é introduzida de outros países como os Estados Unidos (Aromas, Camarosa, Ventana, Camino Real, Dover, Oso Grande, Sweet Charlie e outras) e Espanha (Milsei Tudla) (OLIVEIRA; SCIVITTARO, 2009). A cultivar Dover foi a mais cultivada na década de 1990, mas logo foi substituída por cultivares de melhor qualidade, mais doces e saborosas levando a mudanças na cadeia produtiva. Dentre essas cultivares pode-se citar, em ordem de importância, Oso Grande, Camarosa, Albion e Aromas, que são cultivadas até hoje (ANTUNES; PERES, 2013). São recomendadas para cultivo fora do solo as cultivares Aromas, Albion, Monterey e San Andreas (GONÇALVES et al., 2016). As cultivares mais plantadas no Brasil são Camarosa, Camino Real, Festival Flórida, San Andreas, Palomar, Albion, Aromas e Portola.

O método de melhoramento do morangueiro que predomina no Brasil é o de hibridação de cultivares de alto desempenho e obtenção de genótipos que são avaliados e selecionados com base em características fenotípicas superiores. Os híbridos selecionados podem ser clonados e submetidos a novos e sucessivos cruzamentos para promover melhor frequência de alelos favoráveis. Ao serem obtidos, são testados a campo para as condições

⁴ Comunicação pessoal Prof. Dr. Juliano Tadeu Vilela de Resende, UNICENTRO – PR

ambientais às quais se destinam, avaliando-se estabilidade e adaptabilidade. Após essa última etapa, os materiais selecionados podem ser lançados. (ZAWADNEAK; SCHUBER; MÓGOR, 2013).

Após a obtenção dos híbridos, milhares de genótipos representados por uma ou duas plantas provenientes de *seedlings* ou estolões de planta-mãe são cultivados e passam por seleção. Esse material selecionado é cultivado em parcelas contendo cada genótipo e passa por uma nova seleção. Nessa nova seleção, na qual se realiza o cultivo com várias repetições, o potencial produtivo das plantas é novamente avaliado. Em seguida, os materiais que confirmarem o potencial para cultivo, são novamente avaliados. No entanto, agora são avaliados em vários locais e anos de cultivo para testar a adaptabilidade e estabilidade e, então, poderem ser lançados como uma nova cultivar (CHANDLER et al., 2012).

3.10. Seleção simultânea de caracteres

Nos estágios iniciais de um programa de melhoramento, a seleção de materiais promissores frequentemente torna-se um desafio para o melhorista. Dependendo do método adotado, o número de indivíduos e de características avaliadas é muito grande, impossibilitando realizar todos os testes comparativos entre todos esses indivíduos. Em virtude disso, vários modelos foram propostos por vários pesquisadores em busca de um índice que permitisse realizar essa seleção a partir de uma ou mais características simultaneamente. Os índices de seleção constituem-se num caráter adicional, estabelecido pela combinação linear ótima de vários caracteres preferencialmente não correlacionados, tornando-se possível efetuar, com eficiência, a seleção simultânea dos mesmos (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

Os índices de seleção podem ser divididos em paramétricos (lineares), ou seja, necessitam das estimativas de parâmetros da população quando os genótipos formam uma amostra aleatória tais como Pešek (1969), Tai (1977), Smith (1981), Garcia (1999), Lessa (2010) e não paramétricos (não lineares), que não necessitam dos parâmetros e empregam pesos relativos podendo ser utilizados para a seleção em genótipos já fixados, tais como o índice base (WILLIAMS, 1962), índice multiplicativo (SUBANDI; COMPTON; EMPIG, 1973), Índices de Soma de Postos (MULAMBA; MOCK, 1978) e distância genótipo-ideótipo (CRUZ, 2006).

3.10.1. Índice Clássico (Smith, 1936 e Hazel, 1943) – paramétrico

A ideia de utilizar índices para selecionar simultaneamente caracteres de interesse econômico, vegetativos e de qualidade surgiu com os trabalhos de Smith (1936) e Hazel (1943). Esse índice consiste numa combinação linear dos valores fenotípicos dos vários caracteres de importância econômica, cujos coeficientes de ponderação são estimados de modo a maximizar a correlação entre os índices de seleção e o agregado genotípico. Este agregado genotípico é estabelecido por uma combinação linear envolvendo os valores genéticos, os quais são ponderados por seus respectivos valores econômicos. O índice de seleção gerado funciona como um caráter adicional que possibilita maximizar os ganhos simultaneamente em todos os caracteres avaliados (CRUZ; CARNEIRO; REGAZZI, 2012).

Uma estimativa fidedigna desse índice depende da obtenção bem estimada das matrizes das variâncias e covariâncias genéticas e fenotípicas. Os pesos econômicos relativos aos caracteres devem ser bem estabelecidos, levando em conta a proporcionalidade e correlações existentes entre as várias características analisadas (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

3.10.2. Índice baseado em soma de “ranks” (Mulamba e Mock, 1978) – não paramétrico

Também conhecido como índice de soma de postos, foi proposto por Mulamba e Mock (1978) e consiste em classificar os genótipos em relação a cada um dos caracteres na ordem favorável ao melhoramento. Após essa classificação, as ordens de cada material genético referente a cada caractere são somadas e o seu resultado é o índice de seleção (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012). Esse índice não necessita da estimativa dos parâmetros de variância e covariância.

3.10.3. Índice da distância genótipo/ideótipo – não paramétrico

Esse índice se baseia na distância entre o genótipo e um ideótipo para o qual é fixado um valor ideal para cada um dos caracteres avaliados. Os valores desse ideótipo podem ser estipulados pelo melhorista com base nas características ideais desejadas para os genótipos que estão sendo testados. Feito isso, obtém-se a diferença entre a média de cada caractere e o

valor atribuído ao ideótipo, e finalmente, calcula-se para cada genótipo uma distância em relação a esse ideótipo, sendo essa distância o próprio índice (CRUZ, 2006; LESSA et al., 2010).

3.10.4. Herdabilidade

A proporção genética da variabilidade total é denominada herdabilidade (BORÉM; MIRANDA, 2013). Ela reflete quanto da variação fenotípica pode ser herdada, fazendo com que o valor fenotípico possa ser confiável ou não como guia para seleção. Altas herdabilidades indicam maior confiabilidade do valor fenotípico na seleção de genótipos (FALCONER, 1981).

A intensidade da coloração da polpa é uma característica parcialmente dominante e que apresenta herdabilidade estimada em 81%, sendo pouco afetada pelas condições ambientais. Já o sabor do fruto apresenta herdabilidade de 41% e sua herança é quantitativa. O tamanho dos frutos apresenta alta herdabilidade, sua herança também é quantitativa e está amplamente distribuída na população silvestre de *Fragaria chiloensis* (SANTOS, 1999).

Estudando vinte e oito características da coleção de acessos de morangueiro do Instituto de Pesquisa de Fruticultura e Floricultura em Skierniewice, na Polônia, Ukalska et al. (2006), encontraram alta herdabilidade para as características: período de florescimento, tipo de flor, firmeza de frutos, aderência do cálice e coloração interna e externa do fruto. As menores herdabilidades foram obtidas para sabor do fruto, uniformidade de frutos na mesma colheita e suscetibilidade a manchas foliares e queima das folhas. A produtividade também apresentou alta herdabilidade ($h^2 = 0,64$). A maior parte das vinte e oito características mostrou-se fracamente correlacionada, mas correlações significativas foram obtidas entre sabor e doçura; cor e uniformidade da cor interna do fruto; cor interna e externa do fruto; produtividade e vigor da planta; produtividade e densidade vegetal; produtividade e número de flores por inflorescência; produtividade e qualidade de antera da primeira flor; produtividade e tamanho do fruto. Hancock (1990) observou que o tamanho dos frutos possui herança poligênica controlada por seis a oito pares de alelos e com alta herdabilidade.

Vieira et al. (2017), obteve herdabilidades superiores a 0,8 para características produtivas estudando populações obtidas a partir do cruzamento intraespecífico de cultivares comerciais. Dentre as características físico-químicas, herdabilidades abaixo de 0,5 foram obtidas para acidez titulável, açúcares totais e pectina solúvel.

São necessários mais estudos para estimação de parâmetros como correlação e herdabilidade para as principais características de cultivares de morangueiro cultivado no Brasil, bem como para populações de híbridos durante os testes de seleção.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Obtenção do material experimental

Os seedlings cultivados nesse experimento são oriundos do Programa de Melhoramento do Morangueiro desenvolvidos pela Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, Paraná e da Universidade Federal de Lavras, em Minas Gerais – Brasil. Esse material foi obtido conforme descrito por Galvão (2014).

Para os cruzamentos foram selecionados genitores introduzidos no Brasil que possuem fenótipo favorável e estão presentes na maior parte das áreas cultivadas. Esses genitores apresentam como característica de destaque: Aromas – indiferente ao fotoperíodo, Camarosa – muito produtiva, Dover – muito produtiva, Festival Flórida – produtiva, Oso Grande – frutos grandes, Sweet Charlie – sabor excelente e Milsei Tudla – frutos grandes, conforme Galvão (2014).

As mudas dos genitores foram adquiridas da empresa Multiplanta® Tecnologia Vegetal (Andradas – MG). Em outubro de 2011 as mudas foram transplantadas em vasos contendo substrato (50% solo + 50% casca de pinus bioestabilizada) e mantidas em ambiente protegido. Os tratos culturais foram realizados conforme recomendações para a cultura do morangueiro (DIAS, 2007)

A hibridação foi realizada nos meses de abril a julho de 2012, conforme recomendações de Camargo et al. (1993) e Chandler et al. (2012) e a emasculação das flores foi realizada no período da antese. Foram obtidas 12 populações híbridas, combinando as sete cultivares comerciais, conforme a Tabela 4.

Tabela 4. Descrição das 12 populações híbridas geradas a partir de sete cultivares *Fragaria x ananassa* obtidas por Galvão (2014).

População	Genitores		População	Genitores	
	♀	♂		♀	♂
1	Dover	Aromas	7	<i>Sweet Charlie</i>	Aromas
2	Oso Gr.	Aromas	8	Milsei Tudla	Aromas
3	Camarosa	Aromas	9	Milsei Tudla	<i>Sweet Charlie</i>
4	Dover	<i>Sweet Charlie</i>	10	Camarosa	<i>Sweet Charlie</i>
5	Oso Gr.	Milsei Tudla	11	Festival Flórida	Aromas
6	Festival Flórida	<i>Sweet Charlie</i>	12	Oso Grande	<i>Sweet Charlie</i>

Nota: ♀- Genitor feminino; ♂- Genitor masculino;

Após o processo de hibridação, quando completamente maduros, os pseudofrutos foram colhidos e seus aquênios retirados com o auxílio de um liquidificador e em seguida

foram acondicionados em dessecador a 25°C. No mês de novembro de 2012 os aquênios foram colocados para germinar, após receber o tratamento de escarificação ácida com imersão em H₂SO₄ (98 %) por 40 min e posterior sanitização por 10 min em NaOH (2 %) (ITO et al., 2011; GALVÃO, 2017). Após receberem o tratamento para quebra de dormência, os aquênios foram transferidos para cultivo *in vitro* em meio de cultura MS (MURASHIGE; SKOOG, 1962) solidificado com ágar (0,6%) e suplementado por sacarose (3%).

Após serem cultivados por 60 dias *in vitro*, os *seedlings* contendo de 4 a 5 folhas foram transplantados para bandejas de 72 células com substrato a base de casca de pinus bioestabilizada e mantidos em casa-de-vegetação com nebulização e temperatura controlada para aclimação. Na segunda etapa de aclimação, em fevereiro de 2013, os *seedlings* foram transferidos para recipientes de polietileno (5 cm diâmetro x 10 cm altura), preenchidos com substrato a base de casca de pinus bioestabilizada e mantidos em estufa com nebulização. Para o desenvolvimento das mudas foram realizadas três aplicações de 2 mL por planta com fertilizante líquido contendo 50% dos componentes formadores do meio MS L⁻¹ H₂O destilada. Parte dos *seedlings* obtidos foi utilizada para ensaios de seleção na Universidade Federal de Lavras (UFLA – Lavras/MG) e outros 194 *seedlings* foram enviados para seleção na Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO – Guarapuava/PR). Das doze populações, os *seedlings* dos cruzamentos Oso Grande x Aromas e Oso Grande x *Sweet Charlie*, não foram utilizados neste experimento.

4.2. Descrição da área experimental

O presente experimento foi realizado na área de campo do Núcleo de Pesquisa em Hortaliças da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), *campus* CEDETEG, Guarapuava, Paraná, situado na latitude 25°23'01'' Sul e longitude 51°29'46'' Oeste, com altitude de 1.025 m. O clima local é classificado como subtropical úmido Cfb, pela classificação de Köppen, com verões quentes, invernos com ocorrência de geadas frequentes, temperatura média anual de 17°C e precipitação média anual de 1.946 mm (WREGGE et al., 2011). O solo local é classificado como Latossolo Bruno distroférico típico (EMBRAPA SOLOS, 2013), com textura muito argilosa, resultante de um derramamento de lava conhecido como Trapp.

Os *seedlings* receberam uma *toalette* e foram transplantados no dia 13/07/2013 em canteiros preparados com 30 dias de antecedência. O preparo do solo consistiu na aração e

gradagem, aplicação de calcário e levantamento dos canteiros por meio de rotoencanteirador com 20 cm de altura e 1,20 m de largura. A adubação de base foi realizada com antecedência e consistiu na aplicação de 1650 kg ha⁻¹ de superfosfato simples, 250 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio e 295 kg ha⁻¹ de ureia. O espaçamento utilizado foi de 0,30 m x 0,40 m formando duas linhas. O sistema de irrigação adotado foi com tubos gotejadores, no espaçamento entre gotejadores de 0,30 m, sendo utilizadas duas linhas de gotejo por canteiro, espaçadas em 0,50 m. Posteriormente, os canteiros foram revestidos com filme polietileno preto (*mulching*), com espessura de 30 µm.

Ao longo do ciclo, a cada 30 dias, foram realizadas adubações de cobertura compostas cada uma por 60 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio, 11,5 kg ha⁻¹ de sulfato de potássio e 14,5 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio. No início do florescimento, as plantas foram pulverizadas com ácido bórico e sulfato de zinco, na concentração de 1% e 2%, respectivamente, e no estágio de produção de frutos com cloreto de cálcio a 0,4% a cada 15 dias. As adubações foram realizadas com base na análise química do solo e de acordo com as recomendações para a cultura (DIAS, 2007). O controle fitossanitário foi realizado com pulverizações preventivas com produtos comerciais, conforme recomendações técnicas para a cultura, com tiametoxam (Actara[®]) e azoxistrobina + difenoconazol (Amistar Top[®]). O período de colheita estendeu-se de 16/09/2013 a 20/02/2015.

Os caracteres agronômicos e análises físico-químicas de produção foram realizados no Laboratório de Fisiologia Vegetal/Horticultura da Universidade Estadual do Centro-Oeste.

4.3. Delineamento experimental

O delineamento experimental foi o de blocos aumentados (FEDERER, 1956). Este delineamento foi escolhido devido à falta de repetições dos híbridos, pois, o objeto em estudo é a geração F₁. As testemunhas foram as cultivares Camarosa e Camino Real, mais cultivadas no Paraná e os tratamentos foram os 194 híbridos experimentais F₁ para todos os cruzamentos, no qual cada cruzamento foi arranjado em um bloco, totalizando 10 blocos. As mudas das testemunhas foram importadas do Chile.

4.4. Estatística Experimental

A análise estatística deu-se por meio do Programa Estatístico Genes utilizando o Esquema de Blocos Aumentados de Federer (CRUZ, 2013). O referente esquema consiste na formação de blocos completos com materiais testemunhas e a inclusão nos blocos de genótipos novos a serem testados, sendo que cada genótipo aparece em um bloco. Os tratamentos testemunhas são os que permitiram a estimativa do erro (ZIMMERMANN, 2004).

O modelo estatístico para blocos aumentados é:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + B_j + \varepsilon_{ij}, \text{ em que:}$$

Y é o valor do caráter para o i -ésimo tratamento no j -ésimo bloco;

μ é a média geral;

τ_i é o efeito do i -ésimo tratamento {decomposto em T_i : efeito da i -ésima testemunha com $i = 1$ e 2 e G_i : efeito do i -ésimo híbrido com $i = 1, 2 \dots 194$ };

B_j é o efeito do j -ésimo bloco, com $j = 1, 2 \dots 10$;

ε_{ij} é o erro aleatório

Como testemunhas foram utilizadas as cultivares Camarosa e Camino Real, ambas amplamente cultivadas no Paraná e adaptadas às condições da área experimental (ZAWADNEAK; SCHUBER; MÓGOR, 2013). Foi realizada a análise de variância com a qual se obteve as matrizes de correlação, variância e covariância genotípica, fenotípica e residual. A matriz de variância e covariância residual é utilizada para a realização do Teste de Dunett ($p \leq 0,05$ e $\leq 0,01$), adotado como teste de comparação de médias, uma vez que utiliza as médias das testemunhas para a realização dos contrastes com os híbridos.

O coeficiente de herdabilidade, o coeficiente de variação genética e as estimativas das covariâncias fenotípicas e genotípicas foram estimadas para aplicação do índice clássico (CRUZ, 2006). O ganho de seleção (%) esperado para os híbridos selecionados em relação ao conjunto dos híbridos foi obtido pela seguinte expressão:

$$GS = \left\{ \frac{(X_s - X_o) h^2}{X_o} \right\} 100, \text{ em que:}$$

GS = ganho de seleção (%);

X_s = média dos híbridos selecionados;

X_o = média dos híbridos, e

$$h^2 = \text{coeficiente de determinação genotípica} \rightarrow h^2 = \frac{V_g}{V_f}$$

V_g = efeito do genótipo

V_f = efeito do fenótipo

O índice clássico é estabelecido pela seguinte expressão: $b = P^{-1}Ga$, em que b é o vetor de ponderação do índice; P^{-1} é referente à inversa da matriz das variâncias e covariâncias fenotípica entre os caracteres; G é a matriz das variâncias e covariâncias genéticas; e a é o vetor dos pesos econômicos atribuídos aos caracteres.

O índice baseado na soma de *ranks* (MULAMBA e MOCK, 1978) hierarquiza os híbridos, para cada característica, por meio da atribuição de valores absolutos mais elevados àqueles de melhor desempenho. Por fim, são somadas as ordens de cada material, referente a cada caráter, resultando no índice de seleção, como descrito a seguir: $I = r_1 + r_2 + \dots + r_n$, sendo I o valor do índice para determinado indivíduo, r_j é a classificação (*rank*) de um indivíduo em relação à j -ésima variável e n o número de características consideradas no índice. Esse procedimento permite que a ordem de classificação das características tenha pesos diferentes, conforme especificado pelo melhorista. Assim, tem-se que $I = p_1r_1 + p_2r_2 + \dots + p_nr_n$, sendo p_j o peso econômico atribuído pelo usuário à j -ésima característica.

O índice da distância genótipo-ideótipo estima a distância dos híbridos avaliados a um ideótipo previamente definido pelo melhorista. Com base nesse índice são identificados os melhores híbridos e calculados os ganhos por seleção. A partir dos valores dentro de um intervalo de variação em torno de um ótimo (Y_{ij}) com magnitude próxima do valor ótimo (VO_j) é realizada a análise dos componentes principais, obtendo-se os autovalores e autovetores associados à matriz de correlação entre as características analisadas (CRUZ, 2006). O cálculo do índice é realizado pela seguinte expressão: $IDG = \sqrt{1/n \sum Y_{ij} - VO_j^2}$.

Os índices de seleção foram aplicados distinguindo destino para consumo *in natura* e para processamento com pesos diferenciados de um a cinco, conforme tabela 5, sendo um de menor relevância e cinco de maior. A diferenciação de pesos ocorreu apenas para distinção de finalidade, ou seja, pesos distintos para consumo *in natura* e para processamento. No entanto, dentro de cada índice, os pesos foram os mesmos. Por exemplo: as características mais importantes para o processamento, tais como teor de pectina, acidez titulável, pH e sólidos solúveis, receberam pesos maiores.

Tabela 5. Características analisadas em *Fragaria x ananassa* e seus respectivos pesos para os índices de seleção. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2014.

Característica	Índice Clássico		Índice Soma de "ranks"		Índice Genótipo/Ideótipo		Valor ótimo**	Limite inferior***
	Consumo <i>in natura</i>	Processamento	Consumo <i>in natura</i>	Processamento	Consumo <i>in natura</i>	Processamento		
Número de frutos comerciais (frutos planta ⁻¹)	5	2	5	2	5	2	197,4	43,63
Massa Média de Frutos Comerciais (g fruto ⁻¹)	5	1	5	1	5	1	50,14	13,00
Massa de Frutos Comerciais (g planta ⁻¹)	5	2	5	2	5	2	3315,87	615,34
Massa de Frutos Não Comerciais (g planta ⁻¹)	1	3	3 *	1 *	1	3	352,90	71,65
Massa Total de Frutos (g planta ⁻¹)	3	4	3	4	3	4	3385	686,99
pH	3	5	3	5	3	5	4,04	3,39
Sólidos Solúveis (°Brix)	4	5	4	5	4	5	10,14	7,49
Acidez Titulável (g ácido cítrico 100g ⁻¹ polpa)	4	5	4	5	4	5	1,38	0,78
Razão SS/AT	5	2	5	2	5	2	23,90	10,14
Açúcares Redutores (%)	5	4	5	4	5	4	4,66	2,92
Fenólicos (mg ác. gálico 100 g ⁻¹ polpa)	5	2	5	2	5	2	285,57	185,48
Pectina (g pec total 100 g ⁻¹ polpa)	3	5	3	5	3	5	5,08	2,06
Vitamina C (mg ác. ascórbico 100 g ⁻¹ polpa)	5	1	5	1	5	1	98,53	70,36
Antocianina (mg cianid-3-glicos 100 g ⁻¹ polpa)	5	5	5	5	5	5	78,68	39,36

* Sentido da seleção foi crescente para todas as características, exceto para MFNC, cuja direção de seleção foi decrescente.

** Valor ótimo: melhor valor obtido para cada característica.

*** Limite inferior igual à média geral da característica.

4.5. Características de produção analisadas

A colheita iniciou-se quando os frutos atingiram seu estágio de maturação com 75% de coloração vermelha-escuro. Para a avaliação, os frutos foram pesados em balança analítica de precisão sendo classificados em não comerciais (≤ 35 mm) e comerciais (> 35 mm) (PBMH; PIMO, 2009). O final do período de produção comercial foi considerado quando a planta em avaliação produziu mais de 70% dos frutos não comerciais. A partir dessa classificação foram obtidos os dados de número de frutos comerciais por planta (NFC); massa média de frutos comerciais (MMFC), em g planta⁻¹; massa de frutos não comerciais (MFNC), em g planta⁻¹; e massa total de frutos (MTF) também em g planta⁻¹.

4.6. Características físico-químicas analisadas

As análises das características físico-químicas foram obtidas de amostras de morangos maduros armazenados durante a colheita em freezer horizontal, mantidos a -2°C. Para as análises os morangos foram descongelados, triturados e homogeneizados. As determinações analíticas foram realizadas no Laboratório de Fisiologia Vegetal da UNICENTRO.

A partir da polpa homogeneizada foram realizadas as avaliações de qualidade do morango (pH, sólidos solúveis, acidez titulável, relação sólidos solúveis/acidez titulável, açúcares redutores, compostos fenólicos e pectina) e de compostos bioativos (ácido ascórbico, compostos fenólicos e antocianinas).

4.6.1. pH

Para determinação do pH foi utilizado um potenciômetro digital marca MS Tecnopon modelo mPA-210 calibrado utilizando-se soluções-tampão com realização de leitura direta da polpa homogeneizada e filtrada.

4.6.2. Sólidos Solúveis

Para determinação do teor de sólidos solúveis foi realizada leitura direta em refratômetro de bancada da marca Optech, modelo RMT, utilizando-se polpa homogeneizada e filtrada em temperatura ambiente, obtendo-se os valores em graus Brix.

4.6.3. Acidez titulável

A acidez titulável foi determinada por método titulométrico, de acordo com as técnicas padronizadas pelo Instituto Adolfo Lutz (2005). Para tal, foram utilizadas alíquotas de 10 g de polpa de morango, 100 mL de água destilada, sendo esta solução titulada com solução padrão de NaOH 0,1 mol L⁻¹ até pH 8,2 correspondendo ao ponto de viragem da fenolftaleína. Os resultados foram expressos em gramas de ácido cítrico por 100 g de polpa.

4.6.4. Relação sólidos solúveis/acidez titulável

A relação entre o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável foi obtida por meio da divisão entre as leituras de sólidos solúveis (SS) e os teores em porcentagem de acidez titulável (AT).

4.6.5. Açúcares redutores

Os açúcares redutores foram determinados conforme método de Lane-Eynon, baseado na redução do cobre pelos grupos redutores de açúcares. Transferiu-se 5 mL de polpa de morango homogeneizada para balão volumétrico de 100 mL e completou-se o volume com água destilada. A solução foi filtrada em papel filtro e, em seguida, utilizada na bureta para titulação. No erlenmeyer, adicionou-se 10 mL de cada solução de Fehling A e B e 20 mL de água destilada e aqueceu-se até ebulição. A titulação foi realizada até que a solução aquecida passasse de azul para incolor, com resíduo de Cu₂O no fundo do frasco (coloração vermelho-tijolo) (IAL, 2005).

4.6.6. Compostos fenólicos

A determinação dos compostos fenólicos foi realizada baseando-se no método espectrofotométrico de Follin-Ciocalteu, de acordo com Bucic-Kojic et al. (2007). Uma amostra de 5 mL da polpa de morango foi homogeneizada com 50 mL de etanol a 50%, em um mixer, durante 2 minutos. Na sequência, realizou-se a centrifugação durante 5 minutos. Em seguida, retirada de 0,2 mL desse extrato em tubo de ensaio, envolto em papel alumínio, adicionando-se 1,8 mL de água destilada, 10 mL de solução de Follin-Ciocalteu a 10%, e, entre 30 segundos a 8 minutos, adição de 8 mL de solução de carbonato de sódio (Na₂CO₃) a 7,5%. Por fim, a agitação do tubo e permanência no escuro por duas horas. A leitura foi realizada em espectrofotômetro a

765 nm, usando como branco todos os reagentes sem a alíquota da amostra centrifugada, sendo adicionados 1,8 mL de água destilada. O ácido gálico foi utilizado como padrão. Os resultados foram expressos em mg de equivalente ácido gálico (GAE) 100 g⁻¹ polpa.

4.6.7. Pectina

A pectina total (PEC) foi extraída com álcool etílico (95 %), segundo método adaptado por McCready e McComb (1952) e determinada colorimetricamente com reação em carbazol de acordo com metodologia descrita por Bitter (1962).

4.6.8. Ácido ascórbico (Vitamina C)

A determinação do teor de ácido ascórbico foi realizada por método titulométrico padrão da AOAC (1984) modificado por Benassi e Antunes (1988). Tomou-se uma alíquota de 25 g da polpa de morango, a qual foi adicionada a 50 g de ácido oxálico 2%. Desta solução, foram transferidos 20 g para balão volumétrico de 50 mL e completado com ácido oxálico a 2%. Após, a solução foi filtrada em papel filtro e retirou-se uma alíquota de 10 mL para titulação com DCFI (2,6-diclorofenol-indofenol) padronizado. Os resultados foram expressos em mg ácido ascórbico 100 g⁻¹ polpa.

4.6.9. Antocianinas

O teor de antocianinas totais foi determinado pelo método diferencial de pH descrito por Giusti e Wroslstad (2001) com adaptações para o morango, adotando a pelargonidina-3-glicosídeo como principal pigmento antociânico, por ser o pigmento mais abundante. O método baseia-se em dois sistemas tampão, o cloreto de potássio 0,025 M, pH 1,0 e o acetato de sódio 0,4 M, pH 4,5. Em que foi pipetada uma alíquota de 0,3 mL do extrato hidroalcoólico e adicionado a 2,7 mL das soluções tampão, separadamente. As amostras foram analisadas a 496 e 700 nm em espectrofotômetro (Cary 60 – Agilent Technologies). A diferença de absorbância (ΔA) entre os sistemas de tampões foi calculada por meio da equação:

$$\Delta A (A_{\lambda} - A_{700 \text{ nm}}) \text{ pH } 1,0 - (A_{\lambda} - A_{700 \text{ nm}}) \text{ pH } 4,5 \text{ 89}$$

A concentração de pigmentos antociânicos foi determinada com base no volume de extrato e na massa da amostra, segundo a equação: $At = (\Delta A \times PM \times f \times 100) \div \epsilon$ At = antocianinas, mg de pelargonidina-3-glicosídeo 100g⁻¹ de massa fresca; ΔA = diferença de absorvância (ApH 1,0 - ApH 4,5); PM = peso molecular da pelargonidina-3-glicosídeo (433,3); f = fator de diluição; ϵ = coeficiente de absorvância molar (27300).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise de variância as características número de frutos comerciais (NFC), massa de frutos comerciais (MFC), massa de frutos não comerciais (MFNC), massa total de frutos (MTF), vitamina C (VITC), antocianinas (ANT), razão sólidos solúveis/acidez titulável (Ratio) e pectina (PEC), apresentaram diferenças significativas (Tabelas 6 e 7). Ao compararem diferentes cultivares de morangueiro, Guimarães (2013) também observou diferenças significativas para todas as características produtivas, exceto MMFC e, Antunes et al. (2010), assim como no presente trabalho, não obtiveram diferenças para os teores de sólidos solúveis totais, pH, acidez titulável e teores de antocianinas.

Quanto às características de produção as médias das testemunhas (Camarosa e Camino Real) foram ligeiramente superiores aos híbridos, exceto para MFNC. Dentre as duas testemunhas, a cultivar Camarosa foi a de melhor desempenho para as características analisadas. Os valores médios entre as testemunhas e híbridos foram, respectivamente, para NFC 54,40 e 45,03 frutos planta⁻¹; para MMFC 17,61 e 13,17 g; para MFC 974,60 e 648,54 g planta⁻¹; para MFNC 12,76 e 72,22 g planta⁻¹; e MTF 987,36 e 720,77 g planta⁻¹ (Tabela 6).

Os híbridos são em maior número de indivíduos do que as testemunhas, o que pode ter causado a diminuição dos valores médios, além disso, expressa a variabilidade genética resultante dos cruzamentos, apresentando indivíduos com baixos valores para as características analisadas, o que possivelmente provocou a redução das médias. Ao contrário, as testemunhas são cultivares de boa estabilidade genotípica e fenotípica na região de Guarapuava e em outras regiões do estado do Paraná e são conhecidas por serem de bom desempenho produtivo. A exceção foi a característica MFNC, cujo valor médio das testemunhas foi menor que dos híbridos, podendo este resultado ser em função da variabilidade genética, uma vez que os híbridos podem apresentar indivíduos com uma grande amplitude de valores para a massa de frutos não comerciais. Isso fica evidente ao observarmos o desvio padrão dessa característica que foi bem menor nas testemunhas do que nos híbridos (Tabela 6).

Em função de o morangueiro ser octaploide e as cultivares utilizadas nos cruzamentos apresentarem divergência genética (MORALES et al., 2011), a variabilidade dos seedlings (híbridos) pode ser elevada. Durante a hibridação das cultivares, na formação do pólen e oosfera, na primeira etapa do processo de meiose, as cromátides dos cromossomos homólogos em sinapse trocam material genético. O aumento da ploidização na história evolutiva de uma

espécie pode conferir maior vigor vegetal, desde que aumente também a hibridização, levando à heterozigose, que é importante para a exploração do vigor híbrido (TAIZ; ZEIGER, 2013)

Tabela 6. Análise de variância, médias, coeficientes de variação e desvio padrão dos híbridos e testemunhas para as características número de frutos comerciais (NFC), massa média de frutos comerciais (MMFC), massa de frutos comerciais (MFC), massa de frutos não comerciais (MFNC) e massa total de frutos (MTF) de híbridos de *Fragaria x ananassa*. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2014.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio				
		NFC	MMFC	MFC	MFNC	MTF
Blocos	9	3676,13	45,05	1091461,94	7060,05	1147404,16
Trat.(Ajust.)	193	1543,95**	15,26 ^{ns}	388896,34**	2543,74**	397852,31**
Resíduo	9	125,87	8,74	65579,32	17,71	66803,27
Médias ²						
Média geral		45,91	13,59	679,02	66,67	745,68
Média testemunhas ¹		54,40	17,61	974,60	12,76	987,36
Média híbridos		45,03	13,17	648,54	72,22	720,77
Média ponderada - μ F(Federer)		43,64	13,01	615,34	71,66	686,10
CV(%) geral		24,44	21,76	37,71	6,31	34,66
CV(%) testemunhas		20,62	16,78	26,27	32,98	26,18
CV(%) híbridos		24,91	22,44	39,49	5,83	35,86
DP testemunhas		5,02	1,32	114,52	1,88	115,59
DP híbridos de um mesmo bloco		15,87	4,18	362,16	5,95	365,52
DP híbridos de blocos diferentes		19,43	5,12	443,55	7,29	447,67
DP híbridos e testemunhas		14,41	3,80	328,95	5,41	332,00

¹ Camarosa e Camino Real

² Número de frutos comerciais (NFC): frutos planta⁻¹; Massa média de frutos comerciais (MMFC): g; Massa de frutos comerciais (MFC): g planta⁻¹, Massa de frutos não comerciais (MFNC): g planta⁻¹; Massa total de frutos (MTF): g planta⁻¹.

** Significativo a 1% de probabilidade e ^{ns} Não significativo pelo teste F

Tabela 7. Análise de variância, médias, coeficientes de variação e desvio padrão dos híbridos e testemunhas para as características pH, sólidos solúveis (SS), acidez Titulável (AT), razão sólidos solúveis/acidez titulável (Ratio), açúcares redutores (AR), compostos fenólicos (FEN), pectina total (PEC), ácido ascórbico (VITC) e antocianinas (ANT) de híbridos de *Fragaria x ananassa*. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2014.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio								
		pH	SS	AT	Ratio	AR	FEN	PEC	VITC	ANT
Blocos	9	0,0294	2,5527	0,1466	53,09	1,1535	1824,16	1,4573	113,14	99,38
Trat.(Ajust.)	193	0,0199 ^{ns}	0,6863 ^{ns}	0,0221 ^{ns}	6,49*	0,1968 ^{ns}	859,60 ^{ns}	0,8728*	144,30**	135,26**
Resíduo	9	0,0136	0,5104	0,0085	2,00	0,1347	361,76	0,2105	26,33	12,80
		Médias ²								
Média geral		3,39	7,57	0,7736	10,31	2,99	185,31	2,0586	71,57	39,65
Média testemunhas ¹		3,40	7,81	0,7305	11,06	2,95	194,01	2,0515	75,93	41,05
Média híbridos		3,39	7,55	0,7781	10,23	3,00	184,42	2,0593	71,12	39,51
Média ponderada - μ F(Federer)		3,39	7,50	0,7813	10,15	2,92	185,48	2,0689	70,36	39,36
CV(%) geral		3,43	9,44	11,90	13,74	12,24	10,26	22,2871	7,17	9,02
CV(%) testemunhas		3,42	9,14	12,60	12,80	12,45	9,80	22,3643	6,76	8,71
CV(%) híbridos		3,43	9,47	11,83	13,84	12,21	10,31	22,2792	7,22	9,05
DP testemunhas		0,0521	0,3195	0,0411	0,6331	0,1641	8,51	0,2052	2,29	1,60
DP híbridos de um mesmo bloco		0,1648	1,0104	0,1302	2,0019	0,5191	26,89	0,6488	7,26	5,06
DP híbridos de blocos diferentes		0,2019	1,2375	0,1595	2,4519	0,6357	32,94	0,7947	8,89	6,19
DP híbridos e testemunhas		0,1497	0,9177	0,1183	1,8184	0,4715	24,43	0,5893	6,59	4,59

¹ Camarosa e Camino Real

² Sólidos Solúveis (SS): °Brix; Acidez Titulável (AT): g ácido cítrico 100 g⁻¹ polpa; Ratio: SS/AT; Açúcares redutores (AR): %; Compostos fenólicos (FEN): mg ácido gálico 100 g⁻¹ polpa; Pectina (PEC): g pectina total 100 g⁻¹ polpa; Ácido ascórbico (VITC): mg ácido ascórbico 100 g⁻¹ polpa; Antocianinas (ANT): mg cianidina 3 glicosídeo 100 g⁻¹ polpa.

* e ** Significativo a 5% e 1% de probabilidade e ^{ns} Não significativo pelo Teste F.

Híbridos provenientes dos cruzamentos Camarosa x *Sweet Charlie* e Camarosa x Aromas se destacaram para as características produtivas, com uma amplitude estimada de 50,4 a 195,4 frutos planta⁻¹ para NFC; 13,2 a 20,4 g para MMFC; 650,2 a 3056,25 g planta⁻¹ para MFC. Nestes dois cruzamentos, nos quais a cultivar Camarosa foi genitor feminino na obtenção dos híbridos, houve contribuição de 92,3% e 68,7%, respectivamente, em relação às testemunhas Camarosa e Camino Real para as características NFC e MMFC. Essas características contribuíram para determinar a MFC e MTF, as quais se mantiveram com alto desempenho para os cruzamentos supracitados (Tabela 8). Castro (2002) em cultivo orgânico, em Viçosa (MG), obteve 82,64 frutos planta⁻¹ para a cultivar Dover, 72,79 frutos planta⁻¹ para a cultivar Camarosa e 46,25 frutos planta⁻¹ para a cultivar Oso Grande. Enquanto que, Guimarães (2013) encontrou 57, 10 frutos planta⁻¹ para cultivar Dover, 43, 87 frutos planta⁻¹ para cultivar Camarosa e 42, 31 frutos planta⁻¹ para cultivar Aromas, sendo esses resultados, portanto, compatíveis com as médias do presente experimento.

Hancock et al. (2008) encontraram altas correlações para produtividade na combinação de características como número e tamanho de frutos, vigor da planta, resistência a doenças e às condições de cultivo. O número de coroas por área é frequentemente o fator que está mais associado a produção, mas o número de flores e o tamanho do fruto também são muito importantes. Hancock e Bringham (1988), em seus experimentos, identificaram híbridos com frutos grandes e em grande número (outliers) indicando que esse tipo de material pode ser encontrado entre *seedlings* em programas de melhoramento.

Esse desempenho pode ser explicado em função da cultivar Camarosa ser muito vigorosa e de alta produtividade podendo alcançar produtividade média de 2.380 g planta⁻¹ e 24,6 g fruto⁻¹, em densidade de plantio de 56.984 plantas ha⁻¹ (VOTH; SHAW; BRINGHURST, 1994). O alto desempenho da cultivar Camarosa também foi observado em experimentos de Oliveira e Scivittaro (2006) quando a compararam com Aromas. Antunes et al. (2010), em Pelotas-RS ao compararem Camarosa com mais seis cultivares, esta obteve a maior produtividade sendo de 43,8 t ha⁻¹. Resende et al. (2010), em avaliação da produtividade do morangueiro em relação a três sistemas de cultivo (túnel alto, túnel baixo e a campo) em Guarapuava-PR, obtiveram produtividade de 56,66 t ha⁻¹ para a cultivar Camarosa em túnel baixo. Guimarães (2013), em Diamantina (MG), obteve produtividade de 58,49 t ha⁻¹ para Camarosa quando comparada a outras sete cultivares.

Os cruzamentos Festival Flórida x Aromas, *Sweet Charlie* x Aromas, Dover x Aromas, ou seja, cruzamentos em que a cultivar Aromas foi genitor masculino, também

apresentaram híbridos com desempenho superior para as características NFC, MMFC, MFC e MTF, principalmente em relação à testemunha Camino Real (Tabela 8), embora não superem o desempenho dos dois cruzamentos em que a cultivar Camarosa foi genitor feminino.

Aromas é uma cultivar que foi lançada pela Universidade da Califórnia em 1997 e é caracterizada por ter resposta neutra ao fotoperíodo, portanto, não depende do comprimento do dia para induzir o florescimento. Possui porte ereto e produz frutos grandes (24 a 26 g em média) e com coloração vermelha escura, podendo produzir mais de 2.094 g planta⁻¹ numa densidade de cerca de 42.000 plantas ha⁻¹ (SHAW, 1998). As cultivares Camarosa e Aromas, além de apresentarem ótimas características produtivas, são também adaptadas a diversas condições climáticas. Costa et al. (2015), estudando adaptabilidade e estabilidade de morangueiros, identificaram que as cultivares Camarosa e Aromas superaram em 22% a média global de produtividade (24,55 t ha⁻¹) das cultivares em sistema de cultivo protegido. Essa adaptabilidade pode justificar o fato das cultivares Camarosa e Aromas estarem presentes nos cruzamentos que apresentaram os melhores percentuais de contribuição de híbridos superiores às testemunhas.

Avaliando diferentes populações de *seedlings*, porém, obtidos através dos mesmos cruzamentos, Galvão et al. (2017) verificaram a ocorrência de um maior número de híbridos superiores às médias nos cruzamentos em que participaram as cultivares Aromas e Camarosa, o que concorda com os resultados obtidos nesse experimento.

Em relação às características físico-químicas (Tabela 7), para todos os cruzamentos, a maior parte dos valores médios entre testemunhas e híbridos foram semelhantes. Apenas as características AT, AR e PEC apresentaram médias dos híbridos superiores às testemunhas. As características Ratio, PEC, VITC e ANT foram as que apresentaram diferenças significativas. Embora seus valores médios não sejam tão diferentes, seus desvios padrão demonstram que entre os híbridos há uma variabilidade maior que entre as testemunhas, pressupondo que entre os híbridos possivelmente há indivíduos com resultados significativamente superiores às testemunhas. Os desvios padrão das testemunhas e híbridos foram, respectivamente, para Ratio 0,6331 e 2,0019, para PEC 0,2052 e 0,6488, VITC 2,29 e 7,26 e ANT 1,60 e 5,06.

Para a característica Ratio, os cruzamentos Festival Flórida x Aromas, Camarosa x *Sweet Charlie*, Milsei Tudla x *Sweet Charlie* e Camarosa x Aromas, apresentaram 38,46% a 87,5% de seus híbridos com valores superiores às testemunhas Camarosa e Camino Real. O cruzamento *Sweet Charlie* x Aromas apresentou 33,33% de seus híbridos superiores apenas à

testemunha Camino Real (Tabela 9). Essa é uma característica muito importante, uma vez que está associada ao *flavor*, característica que confere aroma e sabor aos frutos (RONQUE, 1998). Com isso, pode-se observar que para essa característica, quatro entre dez cruzamentos tiveram mais de 30% de seus híbridos superiores as testemunhas Camarosa e Camino Real e um cruzamento superior apenas à testemunha Camino Real.

Quanto à característica PEC, destacaram-se os cruzamentos Dover x *Sweet Charlie*, *Sweet Charlie* x Aromas, Milsei Tudla x Aromas, Camarosa x Aromas com 77% a 100% de seus híbridos com valores superiores às testemunhas. A amplitude dos valores para pectina entre os híbridos desses cruzamentos foi de 2,06 a 5,08 g de pectina total 100g⁻¹ de polpa (Tabela 9). A pectina é uma característica importante principalmente para seleção de materiais destinados a industrialização, especialmente na fabricação de geleias. Híbridos que não demonstraram os melhores resultados em relação às características produtivas, mas que apresentam bons resultados nas características físico-químicas, podem ter potencial para o processamento.

Em relação aos teores de VITC, com exceção do cruzamento *Sweet Charlie* x Aromas, todos os cruzamentos apresentaram no mínimo 30% e no máximo 77% de híbridos com valores superiores às testemunhas (Tabela 9).

Para o teor de ANT, sete de dez cruzamentos produziram de 30 a 95% de híbridos superiores às testemunhas, destacando-se em ordem decrescente os seguintes cruzamentos: Milsei Tudla x Aromas, Camarosa x Aromas e Festival Flórida x Aromas, com amplitude de valores que vão de 40,70 até 68,58 mg cianidina-3-glicosídeo 100g⁻¹ polpa (Tabela 9). Na contribuição de híbridos superiores às testemunhas, para as características físico-químicas, também apresentaram destaque as cultivares Camarosa e Aromas como genitor feminino e masculino, respectivamente. Mas além destas, as cultivares Milsei Tudla, Dover e *Sweet Charlie* igualmente apresentaram altas contribuições para os híbridos nos cruzamentos em que participaram com as primeiras. Milsei Tudla e *Sweet Charlie* são cultivares caracterizadas pela produção de frutos de coloração intensa e de ótimo *flavor*, apresentando elevados teores de sólidos solúveis e menor acidez.

Tabela 8. Percentual de híbridos de *Fragaria x ananassa* com efeito positivo em relação às cultivares Camarosa e Camino Real em cada um dos cruzamentos para as características número de frutos comerciais (NFC), peso médio de frutos comerciais (MMFC), massa de frutos comerciais (MFC), massa de frutos não comerciais (MFNC) e massa total de frutos (MTF). Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2014.

Cruzamentos	NFC n°				MMFC em g fruto ⁻¹				MFC em g planta ⁻¹			
	Média* ajustada	Amplitude**	% híb ¹	% híb ²	Média ajustada	Amplitude	% híb ¹	% híb ²	Média ajustada	Amplitude	% híb ¹	% híb ²
Festival Flórida x <i>Sweet Charlie</i>	79,5	62,4 - 122,4	26,9	26,9	13,98	13,37 - 14,88	0	11,5	1033,89	718,10 - 1782,65	7,7	23,1
Oso Grande x Milsei Tudla	84,9	47,4 - 117,4	21,4	28,6	15,00	13,13 - 18,10	3,8	46,2	1246,82	670,90 - 2577,30	14,3	28,6
Dover x Sweet Charlie	69,4	47,4 - 97,4	14,8	18,5	9,73	07,23 - 12,64	0	0	900,16	743,43 - 989,73	3,7	11,1
Festival Flórida x Aromas	101,4	61,4-121,4	38,5	38,5	16,86	13,80 - 19,21	15,4	46,2	1507,36	801,76 - 2045,16	30,8	46,2
<i>Sweet Charlie</i> x Aromas	70,9	45,4 - 115,4	38,8	50,0	14,24	13,06 - 15,88	0	44,4	1002,77	640,52 - 1601,22	16,7	44,4
Dover x Aromas	102,5	45,4 - 195,4	36,5	43,7	15,94	13,42 - 17,69	6,3	62,5	2156,96	1477,78 - 3315,88	37,5	37,5
Camarosa x <i>Sweet Charlie</i>	108,7	55,4 - 195,4	92,3	92,3	15,79	13,19 - 18,19	15,4	100,0	1555,62	836,95 - 3056,25	76,9	92,3
Milsei Tudla Milsei x Aromas	103,4	48,4 - 158,4	13,6	18,2	16,31	13,03 - 22,64	9,1	72,7	1227,12	642,61 - 2416,51	18,2	31,8
Milsei Tudla x <i>Sweet Charlie</i>	68,4	46,4 - 86,4	33,3	33,3	14,23	13,51 - 15,36	0	33,3	886,54	651,34 - 1061,74	26,7	33,3
Camarosa x Aromas	84,0	50,4 - 160,4	68,7	68,7	16,69	13,71 - 20,43	31,3	87,5	1341,85	650,20 - 2646,10	56,3	81,3

Continua

Tabela 8. Continuação

Cruzamentos	MFNC em g planta-1				MTF em g planta-1			
	Média ajustada	Amplitude	% hīb1	% hīb2	Média ajustada	Amplitude	% hīb1	% hīb2
Festival Flórida x <i>Sweet Charlie</i>	86,38	15,83 - 204,21	100,0	53,9	1128,38	791,35 - 1942,76	15,4	23,1
Oso Grande x Milsei Tudla	68,31	20,58 - 180,03	100,0	35,7	1158,31	690,23 - 2664,83	21,4	32,1
Dover x <i>Sweet Charlie</i>	72,67	26,55 - 177,32	100,0	44,4	970,08	791,23 - 1088,21	07,4	11,1
Festival Flórida x Aromas	65,20	15,20 - 185,47	100,0	23,1	1577,97	826,92 - 2156,14	30,8	46,2
<i>Sweet Charlie</i> x Aromas	77,51	22,73 - 132,93	94,4	61,1	1052,26	714,84 - 1693,11	27,8	50,0
Dover x Aromas	65,22	14,63 - 156,95	87,5	31,3	2238,83	1499,56 - 3385,00	37,5	37,5
Camarosa x <i>Sweet Charlie</i>	134,38	19,82 - 309,29	100,0	76,9	1783,01	994,44 - 3100,32	92,3	92,3
Milsei Tudla Milsei x Aromas	47,02	14,12 - 80,75	81,8	09,1	1514,42	733,16 - 2482,13	18,2	22,7
Milsei Tudla x <i>Sweet Charlie</i>	89,25	31,54 - 287,24	93,3	26,7	950,29	702,30 - 1193,58	26,7	40,0
Camarosa x Aromas	58,07	21,76 - 121,21	100,0	37,5	1356,55	691,12 - 2669,86	62,5	81,3

*Médias ajustadas para o modelo Blocos Aumentados de Federer

** Amplitude dos dados referentes às médias ajustadas dos híbridos em cada cruzamento.

¹ % hīb > Porcentagem de híbridos com efeitos superiores a cultivar Camarosa.

² % hīb > Porcentagem de híbridos com efeitos positivos superiores a cultivar Camino Real

Tabela 9. Percentual de híbridos de *Fragaria x ananassa* com efeito positivo em relação às cultivares Camarosa e Camino Real em cada um dos cruzamentos para as características razão sólidos solúveis/acidez titulável (Ratio), pectina (PEC, ácido ascórbico (VITC) e antocianinas (ANT). Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2014.

Cruzamentos	Ratio (SS/AT)				PEC				VITC				ANT			
	Média* ajustada	Amplitude**	% hfb ¹	% hfb ²	Média ajustada	Amplitude	% hfb	% hfb	Média ajustada	Amplitude	% hfb	% hfb	Média ajustada	Amplitude	% hfb	% hfb
Festival Flórida x <i>Sweet Charlie</i>	13,05	11,07 - 15,69	26,9	26,9	2,5698	2,34 - 2,79	11,5	11,5	78,76	70,64 - 83,53	30,8	34,6	46,90	40,33 - 52,89	30,8	34,6
Oso Grande x Milsei Tudla	12,97	10,46 - 13,76	14,3	17,9	3,1695	2,21 - 4,18	35,7	35,7	80,90	72,91 - 91,38	35,7	39,3	48,61	41,88-58,57	50,0	50,0
Dover x <i>Sweet Charlie</i>	12,13	10,20 - 15,00	14,8	33,3	3,0410	2,06 - 4,43	77,8	81,5	77,46	70,49 - 83,01	33,3	59,3	47,27	39,79 - 59,47	44,4	48,2
Festival Flórida x Aromas	14,01	10,76 - 19,32	38,5	61,5	2,5165	2,08 - 3,00	30,8	30,8	84,26	70,52 - 98,24	69,2	76,9	52,88	40,71 - 67,08	61,5	61,5
<i>Sweet Charlie</i> x Aromas	12,20	10,28 - 14,67	27,8	33,3	3,4386	2,16 - 4,64	94,4	94,4	70,55	70,48 - 70,62	0,0	11,1	43,29	40,46 - 45,89	22,2	22,2
Dover x Aromas	12,80	11,42 - 15,22	18,8	18,8	2,2832	2,11 - 2,51	18,8	1,9	81,85	70,77 - 96,78	37,5	62,5	55,69	55,69 - 55,69	6,3	6,3
Camarosa x <i>Sweet Charlie</i>	14,94	11,15 - 17,56	84,6	84,6	2,2265	2,23 - 2,23	7,7	7,7	83,07	71,93 - 98,54	46,2	69,2	48,91	43,28 - 54,48	53,9	53,9
Milsei Tudla x Aromas	11,96	2,93 - 11,96	4,6	4,6	2,9783	2,10 - 3,99	86,4	86,4	81,64	75,24 - 91,66	45,5	54,6	55,24	41,98 - 78,68	95,5	95,5
Milsei Tudla x <i>Sweet Charlie</i>	13,28	11,30 - 17,85	73,3	73,3	2,5890	2,47 - 2,49	26,7	26,7	79,71	72,56 - 91,65	53,3	73,3	48,26	41,14 - 58,34	26,7	26,7
Camarosa x Aromas	14,81	12,52 - 17,07	87,5	93,8	3,8078	2,81 - 5,09	100,0	100,0	78,65	71,48 - 89,65	43,8	62,5	57,77	43,05 - 68,58	68,8	68,8

*Médias ajustadas para o modelo Blocos Aumentados de Federer

** Amplitude dos dados referentes às médias ajustadas dos híbridos em cada cruzamento.

¹ % hib > Porcentagem de híbridos maior que a cultivar Camarosa.

² % hib > Porcentagem de híbridos maior que a cultivar Camino Real

As características que apresentaram variância significativa foram submetidas ao teste de médias de Dunnett para a seleção dos híbridos estatisticamente superiores às testemunhas (Tabelas 10 e 11). Os híbridos selecionados de maior destaque foram RVOT-22, RVDA4, RVCS10, RVCS4 e RVCA6 para as características de produção NFC, MFC e MTF (Tabela 10). Esses híbridos correspondem aos cruzamentos Oso Grande x Milsei Tudla, Dover x Aromas, Camarosa x *Sweet Charlie* e Camarosa x Aromas. O híbrido RVDA18 apresentou excelente MFC e MTF, mas não apresentou diferença estatística em relação às testemunhas quanto à característica NFC, o que deve ter ocorrido em função desse híbrido apresentar elevada massa média de frutos comerciais.

Para as características físico-químicas Ratio, PEC e ANT, os cruzamentos que se destacaram foram, novamente, Camarosa x *Sweet Charlie* e Camarosa x Aromas (Tabela 11). Mas também apresentaram superioridade significativa os cruzamentos Milsei Tudla x Aromas, Festival Flórida x Aromas e *Sweet Charlie* x Aromas. Destacou-se o cruzamento Milsei Tudla x Aromas que teve nove híbridos com valores superiores de antocianina (ANT) em relação a média geral das testemunhas.

O teor de vitamina C não apresentou significância para apenas sete híbridos e em virtude disso esse resultado não consta da tabela 11.

Tabela 10. Seleção de híbridos de *Fragaria x ananassa* superiores à testemunha de melhor desempenho, Camino Real, para as características número de frutos comerciais (NFC), massa de frutos comerciais (MFC) e massa total de frutos (MTF), com médias ajustadas pelo teste de Dunett com probabilidade de 5%. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2014

Cruzamento	Híbrido	NFC*	MFC*	MTF*
		n° frutos planta ⁻¹	g planta ⁻¹	g planta ⁻¹
Oso Grande x Milsei Tudla	RVOT22	197,4	2577,29	2664,83
Dover x Aromas	RVDA04	195,4	3315,87	3385,00
Camarosa x <i>Sweet Charlie</i>	RVCS10	195,4	3056,25	3100,32
Camarosa x Sweet Charlie	RVCS04	185,4	2836,75	2930,70
Camarosa x Aromas	RVCA06	160,4	2646,10	2669,85
Dover x Aromas	RVDA18	60,0**	2932,48	2989,08
Dover x Aromas	RVDA11	145,4		
Camarosa x Sweet Charlie	RVCS09	145,4		
Camarosa x Sweet Charlie	RVCS01	135,4		
Camarosa x Sweet Charlie	RVCS07	135,4		
Camarosa x Aromas	RVCA16	130,4		
Camarosa x Sweet Charlie	RVCS11	125,4		
Festival Flórida x <i>Sweet Charlie</i>	RVFSC07	122,4		

* Médias ajustadas pelo Teste de Dunett (p<0,05)

** Não apresentou diferença estatística pelo teste de Dunett.

Tabela 11. Seleção de híbridos superiores à testemunha de melhor desempenho, Camino Real, para as características Razão Sólidos Solúveis/Acidez Titulável (Ratio), Pectina Total (PEC) e Antocianinas (ANT) com médias ajustadas pelo Teste de Dunett com probabilidade de 5%. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2014.

Cruzamento	Híbrido	Ratio* ¹	Cruzamento	Híbrido	PEC ²	Cruzamento	Híbrido	ANT ³
Camarosa x <i>Sweet Charlie</i>	RVCS10	23,9	Camarosa x Aromas	RVCA15	5,08	Milsei Tudla x Aromas	RVTA05	78,68
Festival Flórida x Aromas	RVFA14	19,31	Camarosa x Aromas	RVCA14	4,75	Milsei Tudla x Aromas	RVTA16	77,17
Camarosa x Aromas	RVCA11	19,15	<i>Sweet Charlie</i> x Aromas	RVSA08	4,64	Milsei Tudla x Aromas	RVTA09	70,64
			Camarosa x Aromas	RVCA13	4,63	Milsei Tudla x Aromas	RVTA06	69,57
						Milsei Tudla x Aromas	RVTA04	68,68
						Milsei Tudla x Aromas	RVTA21	68,68
						Camarosa x Aromas	RVCA06	68,58
						Camarosa x Aromas	RVCA02	67,35
						Festival Flórida x Aromas	RVFA02	67,08
						Camarosa x Aromas	RVCA13	66,68
						Milsei Tudla x Aromas	RVTA11	64,58
						Milsei Tudla x Aromas	RVTA10	62,55
						Milsei Tudla x Aromas	RVTA20	61,69

* Médias ajustadas pelo Teste de Dunett ($p < 0,05$)

¹ SS/AT

² PEC = g pectina total 100g⁻¹ polpa

³ ANT mg cianidina-3-glicosídeo 100g⁻¹ polpa

Ao realizar uma síntese do tratamento estatístico da análise de variância e teste de médias de Dunnett para delineamento de blocos aumentados de Federer, pode-se constatar que os cruzamentos que mais contribuíram foram Camarosa x *Sweet Charlie* e Camarosa x Aromas, especialmente para as características produtivas. Para as características físico-químicas teve destaque o cruzamento Tudla x Aromas, com nove híbridos selecionados.

Shaw e Larson (2008) realizaram estudo em que compararam o desempenho de 11 cultivares de morangueiro lançadas pelos programas americanos entre 1945 a 1966 com nove cultivares lançadas no período de 1993 a 2004, utilizando sistemas de cultivo e avaliando as características mais importantes nas respectivas épocas de cada grupo de cultivares. Neste estudo, os pesquisadores obtiveram desempenho de 47 a 140% superior das cultivares modernas em relação às do primeiro período, sendo a característica de maior destaque a do rendimento de frutos. Essa comparação entre as cultivares de primeira geração e as cultivares modernas, sugere um incremento de 1 a 3% ao ano no aumento de desempenho das características individuais avaliadas. Houve interação significativa entre cultivares e sistema de cultivo para característica de diâmetro de planta e número de frutos, porém, ela explica apenas 6 e 3,1% respectivamente da variância fenotípica. Já as diferenças genéticas entre os dois conjuntos de cultivares, explica 34,8 e 74,1%, respectivamente, da variância fenotípica. Esse estudo evidencia a reunião de alelos altamente favoráveis à produção e produtividade ao longo do desenvolvimento das cultivares. Atualmente, além de características de produtividade, os programas de melhoramento vêm intensificando a busca por cultivares que apresentem também melhores características nutricionais e de pós-colheita.

A seleção com base em poucas características pode resultar em híbridos pouco equilibrados em seus atributos, uma vez que as correlações não são positivas entre todas as características (LACEY, 1973). A utilização de metodologias que possibilitem a avaliação simultânea de características pode ser uma boa estratégia (CRUZ; CARNEIRO; REGAZZI, 2012).

Para melhor identificar híbridos que reúnam de modo equilibrado as características de produção e físico-químicas, foram aplicados três índices de seleção utilizando todas as características analisadas.

A aplicação dos índices de seleção Smith (1936) e Hazel (1943), Mulamba e Mock (1978) e Genótipo/Ideótipo, com diferentes pesos atribuídos para seleção de híbridos para consumo *in natura* e para processamento, demonstraram herdabilidade acima de 80% para as características de produção, exceto massa média de frutos comerciais (MMFC) e para as

características físico-químicas ratio (SS/AT), pectina (PEC), ácido ascórbico (VITC) e antocianina (ANT) (Tabelas 12 e 13). Essas também foram as características que apresentaram variabilidade significativa na análise de variância.

Franquez (2008) encontrou diferenças significativas entre clones de morangueiro para as características de produtividade total, número total e massa média de frutos por planta, diferindo do presente trabalho em relação à massa média de frutos, que não apresentou diferença significativa. Para as características físico-químicas, o referido autor, encontrou diferenças significativas para sólidos solúveis, compostos fenólicos, acidez titulável, ácido ascórbico, antocianinas, e relação sólidos solúveis/acidez titulável do quais os três últimos concordam com o presente trabalho.

Vieira (2016) obteve herdabilidades acima de 80% para as características de produção, massa total de frutos e número de frutos comerciais na aplicação dos mesmos três índices para a seleção de híbridos de morangueiro, entretanto, SS/AT e pectina tiveram herdabilidades inferiores ao presente estudo.

Mishra (2015), em estudo de variabilidade genética e herdabilidade em híbridos de morangueiro na Turquia, obteve herdabilidade acima de 70% para características de produção como o rendimento de frutos por planta.

Tabela 12. Estimativas de herdabilidade (h^2), média de todos os híbridos (X_o), média dos clones selecionados (X_s), ganho na seleção (GS) e percentual de ganho na seleção (GS %) para características analisadas em híbridos de *Fragaria x ananassa*, obtidas pelos três índices de seleção com pesos econômicos determinados para seleção com finalidade de produção de frutos para consumo *in natura*. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2014.

CARAC.	h^2 %	X_o	CONSUMO <i>IN NATURA</i>								
			Índice Clássico			Índice Soma de "Ranks"			Índice Genótipo/Ideótipo		
			X_s	GS	GS %	X_s	GS	GS %	X_s	GS	GS %
NFC	93,49	43,60	140,30	90,37	207,08	121,45	72,75	166,69	133,70	84,2	192,94
MMFC	53,84	13,01	16,13	1,68	12,93	16,86	2,07	15,95	16,10	1,66	12,80
MFC	87,59	615,34	2173,26	1364,57	221,76	1955,94	1174,21	190,82	2067,67	1272,08	206,73
MFNC	99,33	71,66	107,71	35,81	49,97	79,57	7,86	10,97	106,58	34,69	48,41
MTF	87,72	687,00	2280,98	1398,25	203,53	2035,51	1182,93	172,19	2174,26	1304,64	189,90
pH	60,93	3,39	3,47	0,05	1,44	3,44	0,03	0,84	3,49	0,06	1,80
SS	47,02	7,50	8,57	0,51	6,74	8,69	0,56	7,44	8,53	0,48	6,45
AT	75,12	0,78	0,64	-0,11	-13,56	0,66	-0,09	-11,52	0,66	-0,09	-12,00
RATIO	82,91	10,15	13,91	3,12	30,75	13,64	2,90	28,57	13,61	2,87	28,32
AR	60,57	2,92	3,22	0,18	6,15	3,32	0,24	8,26	3,28	0,21	7,35
FEN	73,82	185,48	203,02	12,95	6,98	195,50	7,39	3,99	204,24	13,85	7,47
PEC	87,87	2,07	1,44	-0,55	-26,54	1,80	-0,24	-11,52	1,47	-0,53	-25,51
VITC	84,64	70,36	82,68	10,43	14,82	85,27	12,62	17,93	82,59	10,35	14,71
ANT	93,73	39,36	49,84	9,82	24,94	52,24	12,06	30,65	50,35	10,30	26,16

NFC - Número de Frutos Comerciais, MMFC - Massa Média de Frutos Comerciais, MFC - Massa de Frutos Comerciais MFNC - Massa de Frutos Não Comerciais, MTF - Massa Total de Frutos, SS - Sólidos Solúveis, AT - Acidez Titulável, Ratio - Razão Sólidos Solúveis/Acidez Titulável, AR - Açúcares Redutores, FEN - Compostos Fenólicos, PEC - Pectina, VITC - Ácido Ascórbico e ANT - Antocianinas

Tabela 13. Estimativas de herdabilidade (h^2), média de todos os híbridos (X_o), média dos clones selecionados (X_s), ganho na seleção (GS) e percentual de ganho na seleção (GS %) para características analisadas em híbridos de *Fragaria x ananassa*, obtidas pelos três índices de seleção com pesos econômicos determinados para seleção com finalidade de produção de frutos para processamento. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2014.

CARAC.	h^2 %	X_o	PROCESSAMENTO								
			Índice Clássico			Índice Soma de "Ranks"			Índice Genótipo/Ideótipo		
			X_s	GS	GS %	X_s	GS	GS %	X_s	GS	GS %
NFC	93,49	43,64	140,30	90,37	207,08	100,20	52,88	121,17	111,00	62,98	144,31
MMFC	53,84	13,01	16,13	1,68	12,93	16,04	1,63	12,55	16,19	1,71	13,16
MFC	87,59	615,34	2173,26	1364,57	221,76	1563,21	830,22	134,92	1710,24	959,01	155,85
MFNC	99,33	71,66	107,71	35,81	49,97	95,92	24,10	33,62	104,62	32,74	45,68
MTF	87,72	687,00	2280,98	1398,25	203,53	1659,12	852,75	124,13	1814,86	989,36	144,01
pH	60,93	3,39	3,47	0,05	1,44	3,55	0,10	2,90	3,57	0,11	3,18
SS	47,02	7,50	8,57	0,51	6,74	8,75	0,59	7,82	8,68	0,55	7,39
AT	75,12	0,78	0,64	-0,11	-13,56	0,80	0,02	2,25	0,78	0,00	0,19
RATIO	82,91	10,15	13,91	3,12	30,75	11,61	1,21	11,92	11,90	1,45	14,31
AR	60,58	2,92	3,22	0,18	6,15	3,48	0,34	11,62	3,47	0,33	11,28
FEN	73,82	185,48	203,02	12,95	6,98	188,14	1,96	1,06	188,85	2,48	1,34
PEC	87,87	2,07	1,44	-0,55	-26,54	2,17	0,09	4,29	2,03	-0,03	-1,46
VITC	84,64	70,36	82,68	10,43	14,82	76,36	5,08	7,21	76,59	5,27	7,49
ANT	93,73	39,36	49,84	9,82	24,94	51,41	11,29	28,68	48,99	9,02	22,92

FC - Número de Frutos Comerciais, MMFC - Massa Média de Frutos Comerciais, MFC - Massa de Frutos Comerciais MFNC - Massa de Frutos Não Comerciais, MTF - Massa Total de Frutos, SS - Sólidos Solúveis, AT - Acidez Titulável, Ratio - Razão Sólidos Solúveis/Acidez Titulável, AR - Açúcares Redutores, FEN - Compostos Fenólicos, PEC - Pectina, VITC - Ácido Ascórbico e ANT - Antocianinas.

Os maiores ganhos foram observados nas seleções para consumo *in natura*, sendo o Índice Clássico o que apresentou os maiores valores, tanto nas seleções para consumo *in natura* quanto para processamento, especialmente as características produtivas. No entanto, em todos os índices para consumo *in natura* foram encontrados valores negativos para AT e PEC, o que é esperado, uma vez que essas características receberam pesos menores do que as de produção (Tabela 12).

Híbridos cujos frutos apresentaram baixa acidez titulável e bom teor de sólidos solúveis, proporcionam alto ratio, indicando que produzirão frutos de bom sabor. A aplicação dos pesos foi adequada, pois se pode notar que nos três índices, os ganhos de seleção para ratio foram de 30,75%, 28,57% e 28,32% para os índices clássico, soma de ranks e genótipo/ideótipo, respectivamente, em relação ao consumo *in natura*. Ao contrário, Vieira et al. (2017) obtiveram menores ganhos de seleção para as mesmas características, sendo que o melhor ganho foi obtido com índice de soma de ranks (MULAMBA e MOCK, 1978).

Na seleção para processamento os ganhos foram de 30,75%, 11,92% e 14,31% para os respectivos índices (Tabela 13). A característica sólidos solúveis permaneceu sem grande variação entre índices e destinações, variando de 6,45% a 7,82%. As características pH, acidez titulável e pectina foram as que apresentaram ganhos menores ou negativos na seleção para consumo *in natura* em relação a seleção para processamento. Baixa acidez e maior teor de sólidos solúveis são desejáveis em morangos destinados para consumo *in natura*. No entanto, para o processamento, são desejáveis características como acidez pronunciada, cor vermelho brilhante, pequeno tamanho e textura apropriada de modo que mantenham características como a coloração e o aroma do produto final (AMARO, 2002)

Nota-se que o pH, a acidez titulável e a pectina apresentaram ganhos de seleção positivos ou pouco negativos na seleção para processamento em relação aos índices soma de ranks e genótipo/ideótipo. Desta forma, observa-se que ao aplicar pesos econômicos mais altos para as características de importância para o processamento, esses índices proporcionaram ganho positivo na seleção (Tabelas 13).

Finalmente, pode-se observar que o ganho de seleção para as características de produção para os índices soma de ranks e genótipo/ideótipo foram menores quando selecionados para consumo *in natura* (Tabelas 14 e 15). Isso demonstra que pesos atribuídos com diferenciação para consumo *in natura* e processamento pode proporcionar a seleção de híbridos com conjuntos de características mais importantes para a finalidade a qual se destina a produção.

Tabela 14. Percentuais de ganho de seleção obtidos a partir da aplicação de três índices de seleção utilizando pesos econômicos distinguindo finalidade para consumo *in natura* e processamento para características produtivas e físico-químicas de híbridos de *Fragaria* x *ananassa* agrupados por finalidade. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2014.

CARACT.	Consumo <i>in natura</i>			Processamento		
	Classico	Rank	Ideót	Classico	Rank	Ideót
	GS %	GS %	GS %	GS %	GS %	GS %
NFC	207,08	166,69	192,94	207,08	121,17	144,31
MMFC	12,93	15,95	12,80	12,93	12,55	13,16
MFC	221,76	190,82	206,73	221,76	134,92	155,85
MFNC	49,97	10,97	48,41	49,97	33,62	45,68
MTF	203,53	172,19	189,90	203,53	124,13	144,01
pH	1,44	0,84	1,80	1,44	2,90	3,18
SS	6,74	7,44	6,45	6,74	7,82	7,39
AT	-13,56	-11,52	-12,00	-13,56	2,25	0,19
RATIO	30,75	28,57	28,32	30,75	11,92	14,31
AR	6,15	8,26	7,35	6,15	11,62	11,28
FEN	6,98	3,99	7,47	6,98	1,06	1,34
PEC	-26,54	-11,52	-25,51	-26,54	4,29	-1,46
VITC	14,82	17,93	14,71	14,82	7,21	7,49
ANT	24,94	30,65	26,16	24,94	28,68	22,92
TOTAL	746,99	631,26	705,00	746,99	504,00	569,65

Tabela 15. Percentuais de ganho de seleção obtidos a partir da aplicação de três índices de seleção utilizando pesos econômicos distinguindo finalidade para consumo *in natura* e processamento para características produtivas e físico-químicas de híbridos de *Fragaria* x *ananassa* agrupados por índice. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2014.

CARACT.	Clássico		Soma de Ranks		Genótipo/Ideótipo	
	Consumo <i>in natura</i>	Processamento	Consumo <i>in natura</i>	Processamento	Consumo <i>in natura</i>	Processamento
	GS %	GS %	GS %	GS %	GS %	GS %
NFC	207,08	207,08	166,69	121,17	192,94	144,31
MMFC	12,93	12,93	15,95	12,55	12,80	13,16
MFC	221,76	221,76	190,82	134,92	206,73	155,85
MFNC	49,97	49,97	10,97	33,62	48,41	45,68
MTF	203,53	203,53	172,19	124,13	189,90	144,01
pH	1,44	1,44	0,84	2,90	1,80	3,18
SS	6,74	6,74	7,44	7,82	6,45	7,39
AT	-13,56	-13,56	-11,52	2,25	-12,00	0,19
RATIO	30,75	30,75	28,57	11,92	28,32	14,31
AR	6,15	6,15	8,26	11,62	7,35	11,28
FEN	6,98	6,98	3,99	1,06	7,47	1,34
PEC	-26,54	-26,54	-11,52	4,29	-25,51	-1,46
VITC	14,82	14,82	17,93	7,21	14,71	7,49
ANT	24,94	24,94	30,65	28,68	26,16	22,92
TOTAL	746,99	746,99	631,26	504,00	705,00	569,65

Na literatura não foram encontrados trabalhos atuais que utilizassem diferenciação de pesos na aplicação de índices selecionando híbridos com destinação para *consumo in natura* e processamento. O lançamento de cultivares com clara aptidão para a processamento foi realizada no Brasil pela Embrapa Clima Temperado e o Instituto Agrônomo de Campinas até a década de 1980 (CASTRO, 2004). Mas dificuldades na cadeia produtiva, desde a obtenção de mudas de qualidade, com o sistema produtivo e com a própria gestão da relação entre indústria e produtores, levou ao seu declínio (AMARO, 2002). Desta forma, a utilização de índices para seleção simultânea de características pode proporcionar a identificação de materiais promissores para o processamento.

Foram selecionados 10% de um total de 194 híbridos resultando em 33 híbridos diferentes distribuídos por ordem de classificação, de acordo com a finalidade, para os três índices (Tabela 16). Como em cada índice, pode classificar diferentes híbridos, obteve-se uma quantidade superior aos dezenove esperados ao aplicar a pressão de seleção de 10%.

Os cruzamentos: Camarosa x Aromas e Festival Flórida x Aromas tiveram frequências de ocorrências de 38 e 15 vezes respectivamente (Tabela 17). O primeiro cruzamento foi mais frequente na seleção para processamento. O segundo cruzamento foi mais frequente na seleção para consumo *in natura*. Mas também foram bastante frequentes os cruzamentos Milsei Tudla x Aromas, com híbridos selecionados 15 vezes, e *Sweet Charlie* x Aromas, Camarosa x Aromas e Dover x Aromas, com híbridos selecionados 12 vezes cada (Tabela 17). No entanto, pode-se observar que o cruzamento Milsei Tudla x Aromas teve seis híbridos selecionados, sendo o segundo maior número, ficando atrás apenas do cruzamento Camarosa x Aromas. O cruzamento de menor frequência e com menor número de híbridos selecionados foi Festival Flórida x *Sweet Charlie* (Tabela 18).

Assim como observado no teste de médias de Dunett, os cruzamentos em que Camarosa é genitor feminino e Aromas é genitor masculino, há ocorrência de híbridos de destaque. O teste de médias, bem como os índices, selecionou 33 híbridos, vinte dos quais foram coincidentes (Tabela 19).

Sete híbridos foram selecionados pelos três índices tanto para *consumo in natura* quanto para processamento, porém, em ordem de classificação diferente, ocorrendo seis vezes. Esses híbridos são RVCS10, RVCS04, RVCS09, RVCS11, RVCS07, RVCA06, RVDA01. Os híbridos RVCS01, RVTA16 ocorreram em dois índices para *consumo in natura* e nos três índices para processamento, ocorrendo, portanto, cinco vezes. Outros nove híbridos ocorreram quatro vezes, distribuídos nos índices para *consumo in natura* e para

processamento (Tabela 20). Onze híbridos ocorrem menos de três vezes e quatro ocorrem apenas uma vez (Tabela 21). No entanto, destacam-se três híbridos que apresentam excelente classificação, mas que são selecionados apenas pelo Índice Clássico sendo dois do cruzamento Dover x Aromas e um do cruzamento Festival Flórida x *Sweet Charlie*, ambos cruzamentos com menores frequências de ocorrência em toda a seleção.

Os híbridos situados nas dez primeiras posições, para os três índices, para *consumo in natura* e processamento apresentam excelentes características de produção e físico-químicas e constituem um conjunto de materiais promissores para o avanço dos testes em programas de melhoramento. Dentro desse conjunto, pode-se destacar o híbrido RVCS10 que apresentou elevados valores para características de produção como 195,4 frutos planta⁻¹; 17,18 g; 3.100,32 g planta⁻¹ para número de frutos comerciais (NFC), massa média de frutos comerciais (MMFC) e massa total de frutos (MTF), respectivamente (Tabela 20). Esse híbrido apresentou características físico-químicas como a baixa acidez titulável e elevado teor de sólidos solúveis, o que lhe confere excelente razão sólidos solúveis/acidez titulável, proporcionando excelente sabor (ratio). Porém, pode-se observar que o teor de pectina é mais baixo em relação a outros híbridos selecionados, mas sem que isso prejudique sua utilização como um material promissor para frutos com finalidade para consumo *in natura*. Outro híbrido promissor é o RVCA16 que, apesar de ter apresentado menor NFC e MTF do que o híbrido anterior, apresentou superior MMFC. Mas o que se destaca nesse híbrido é seu alto teor de pectina (4,10 g pectina total 100g⁻¹ polpa) e bom teor de sólidos solúveis e ratio (8,51 °Brix e 14,91, respectivamente) demonstrando que esse híbrido tem bom potencial para processamento (Tabela 22).

As características nutricionais e físico-químicas podem variar bastante de acordo com a cultivar. Cordenunsi (2002) verificou que há grande influência da cultivar quanto à composição química e aos atributos de qualidade. Nesse experimento foram avaliadas seis cultivares de morangueiro em cultivos comerciais no Brasil e, verificou-se que os teores dos principais açúcares solúveis, ácido ascórbico e antocianinas mostraram diferenças significativas entre as cultivares. O teor de antocianinas variou de 13 (cv. Campinas) a 55 (cv. Mazi) mg 100 g⁻¹. O teor de ácido ascórbico total encontrado para cv. Campinas (85 mg 100 g⁻¹) foi o dobro da quantidade encontrada em cv. Dover (40 mg 100 g⁻¹). O total de fenóis variou de 159 a 289 (média 221) mg 100 g⁻¹.

Vieira (2016) constatou maiores ganhos para características de produção com o índice de Smith (1936) e Hazel (1943) com o qual obteve ganhos 34,66% para massa total e 34,32%

para número de frutos comerciais. Esse índice selecionou os melhores híbridos para as características número de frutos comerciais (103,99) e massa total (2.042,47 g planta⁻¹). Da mesma forma, no presente experimento, pode-se observar que o referido índice também apresenta ganhos expressivos para as características de produção, porém, foi indiferente aos pesos atribuídos para *consumo in natura* e processamento. Ainda no experimento de Vieira (2016), o índice de soma de ranks (MULAMBA e MOCK; 1978) apresentou coincidência para seis dos híbridos selecionados no Índice de Smith (1936) e Hazel (1943) e apenas dois híbridos coincidiram quando considerados os três índices de seleção.

Tabela 16. Híbridos de *Fragaria x ananassa* selecionados com base em três índices de seleção Smith (1936) e Hazel (1943), Mulamba e Mock (1978), Genótipo/Ideótipo com pesos econômicos estabelecidos para seleção com finalidade de produção de frutos para *consumo in natura* e processamento. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2014.

Classificação	Híbridos selecionados					
	Consumo in natura			Processamento		
	Hazel e Smith	Mulamba e Mock	Genótipo/Ideótipo	Hazel e Smith	Mulamba e Mock	Genótipo/Ideótipo
1	RVDA04	RVCS10	RVCS04	RVDA04	RVCS04	RVCS04
2	RVCS10	RVCS04	RVCS09	RVCS10	RVCS11	RVCS01
3	RVCS04	RVCS11	RVCS07	RVCS04	RVCS10	RVCS07
4	RVOT22	RVCS09	RVCS11	RVOT22	RVCS09	RVTA16
5	RVCA06	RVFA16	RVCS10	RVCA06	RVTA09	RVSA15
6	RVCS07	RVOT21	RVFA04	RVCS07	RVSA15	RVCS09
7	RVDA11	RVCS07	RVCS01	RVDA11	RVCA14	RVSA14
8	RVFSC07	RVCA16	RVOT21	RVFSC07	RVTA16	RVDA01
9	RVCA16	RVTS08	RVCA06	RVCA16	RVCS07	RVOT22
10	RVCS11	RVCA14	RVDA01	RVCS11	RVCS13	RVCS06
11	RVOT21	RVDA01	RVOT22	RVFA14	RVSA12	RVSA12
12	RVFA14	RVTA12	RVTA12	RVCS09	RVCS01	RVCS13
13	RVSA08	RVFA04	RVCA16	RVOT21	RVTA07	RVTA09
14	RVCS09	RVCA06	RVFA16	RVSA08	RVTA12	RVCS11
15	RVFA02	RVFA14	RVSA14	RVCS01	RVCA06	RVCS10
16	RVFA04	RVTA20	RVTS08	RVFA02	RVTS08	RVTA12
17	RVDA01	RVFA02	RVFA14	RVFA04	RVSA14	RVCA06
18	RVTA16	RVTA09	RVFSC07	RVDA01	RVSA06	RVSA06
19	RVCS01	RVDA04	RVTA16	RVTA16	RVTA05	RVCA14
20	RVFA16	RVSA14	RVDA11	RVFA16	RVDA01	RVTS08

Tabela 17. Frequência de ocorrência dos cruzamentos na seleção de híbridos de *Fragaria x ananassa* para os índices de seleção Smith (1936) e Hazel (1943), Mulamba e Mock (1978), Genótipo/Ideótipo observados na tabela 16. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2014.

Cruzamentos	Frequência de ocorrência dos cruzamentos		
	Total	Consumo in natura	Processamento
Camarosa x Sweet Charlie	38	17	21
Festival Flórida x Aromas	15	11	4
Milsei Tudla x Aromas	15	6	9
Sweet Charlie x Aromas	12	3	9
Camarosa x Aromas	13	7	6
Dover x Aromas	12	7	5
Oso Grande x Milsei Tudla	8	5	3
Milsei Tudla x Sweet Charlie	4	2	2
Festival Flórida x Sweet Charlie	3	2	1

Tabela 18. Número de híbridos selecionados pelos índices de seleção Smith (1936) e Hazel (1943), Mulamba e Mock (1978), Genótipo/Ideótipo, sem repetição, em cada cruzamento. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2014.

Camarosa x Sweet Charlie	Milsei Tudla x Aromas	Sweet Charlie x Aromas	Festival Flórida x Aromas	Camarosa x Aromas	Dover x Aromas	Oso Grande x Milsei Tudla	Milsei Tudla x Sweet Charlie	Festival Flórida x Sweet Charlie	Total
RVCS10	RVTA16	RVSA14	RVFA16	RVCA06	RVDA01	RVOT22	RVTS08	RVFSC07	
RVCS04	RVTA12	RVSA08	RVFA04	RVCA16	RVDA04	RVOT21			
RVCS9	RVTA09	RVSA15	RVFA14	RVCA14	RVDA11				
RVCS11	RVTA20	RVSA12	RVFA02						
RVCS07	RVTA07	RVSA06							
RVCS01	RVTA05								
RVCS13									
RVCS06									
8	6	5	4	3	3	2	1	1	33

Tabela 19. Híbridos selecionados pelo teste de médias de Dunett e pelos índices Smith (1936) e Hazel (1943), Mulamba e Mock (1978), Genótipo/Ideótipo para *consumo in natura* e para processamento. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2014.

Híbridos com significância no teste de Dunett					Ordem de classificação dos híbridos						Híbridos com significância no teste de Dunett			
					CONSUMO IN NATURA			PROCESSAMENTO						
Híbridos selecionados	PRODUÇÃO	ANT	PEC	RATIO	Clássico Hazel e Smith	Rank Mulamba e Mock	Genótipo/Ideótipo	Clássico Hazel e Smith	Rank Mulamba e Mock	Genótipo/Ideótipo	PRODUÇÃO	ANT	PEC	RATIO
1	RVCS10	x			2	1	5	2	3	15	RVOT22	RVTA05	RVCA15	RVCS10
2	RVCS04	x			3	2	1	3	1	1	RVDA04	RVTA16	RVCA14	RVFA14
3	RVCS09	x			14	4	2	12	4	6	RVCS10	RVTA09	RVSA08	RVCA11
4	RVCS11	x			10	3	4	10	2	14	RVCS04	RVTA06	RVCA13	
5	RVCS07	x			6	7	3	6	9	3	RVCA06	RVTA04		
6	RVCA06	x			5	14	9	5	15	17	RVDA18*	RVTA21		
7	RVDA01				17	11	10	18	20	8	RVDA11	RVCA06		
8	RVCS01	x			19	--	7	15	12	2	RVCS09	RVCA02		
9	RVTA16		x		18	--	19	19	8	4	RVCS01	RVFA02		
10	RVOT22	x			4	--	11	4	--	9	RVCS07	RVCA13		
11	RVFA16				20	5	14	20	--	--	RVCA16	RVTA11		
12	RVOT21				11	6	8	13	--	--	RVCS11	RVTA10		
13	RVFA04				16	13	6	17	--	--	RVFSC07	RVTA20		
14	RVCA16	x			9	8	13	9	--	--				
15	RVTS08				--	9	16	--	16	20				
16	RVFA14			x	12	15	17	11	--	--				
17	RVTA12				--	12	12	--	14	16				
18	RVSA14				--	20	15	--	17	7				
19	RVDA04	x			1	19	--	1	--	--				
20	RVDA11	x			7	--	20	7	--	--				
21	RVFSC07	x			8	--	18	8	--	--				
22	RVCA14		x		--	10	--	--	7	19				
23	RVSA08		x		13	--	--	14	--	--				
24	RVFA02		x		15	17	--	16	--	--				
25	RVTA09		x		--	18	--	--	5	13				
26	RVSA15				--	--	--	--	6	5				
27	RVCS13				--	--	--	--	10	12				
28	RVSA12				--	--	--	--	11	11				
29	RVSA06				--	--	--	--	18	18				
30	RVTA20		x		--	16	--	--	--	--				
31	RVCS06				--	--	--	--	--	10				
32	RVTA07				--	--	--	--	13	--				
33	RVTA05		x		--	--	--	--	19	--				

* Híbridos destacados em negrito não coincidiram com os híbridos selecionados por nenhum dos índices.

Tabela 20. Híbridos selecionados e seus respectivos cruzamentos, códigos e posição de seleção para os três índices de seleção Smith (1936) e Hazel (1943), Mulamba e Mock (1978), Genótipo/Ideótipo com pesos econômicos estabelecidos para seleção com finalidade de produção de frutos para *consumo in natura* e para processamento com ocorrência em no mínimo três índices. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2014.

Cruzamento	Código	Híbrido	Consumo in natura			Processamento		
			Hazel e Smith	Mulamba e Mock	Genótipo /Ideótipo	Hazel e Smith	Mulamba e Mock	Genótipo /Ideótipo
Camarosa x Sweet Charlie	137	RVCS10	2	1	5	2	3	15
Camarosa x Sweet Charlie	132	RVCS04	3	2	1	3	1	1
Camarosa x Sweet Charlie	136	RVCS09	14	4	2	12	4	6
Camarosa x Sweet Charlie	138	RVCS11	10	3	4	10	2	14
Camarosa x Sweet Charlie	135	RVCS07	6	7	3	6	9	3
Camarosa x Aromas	184	RVCA06	5	14	9	5	15	17
Dover x Aromas	113	RVDA01*	17	11	10	18	20	8
Camarosa x Sweet Charlie	129	RVCS01	19	--	7	15	12	2
Milsei Tudla x Aromas	157	RVTA16	18	--	19	19	8	4
Oso Grande x Milsei Tudla	47	RVOT22	4	--	11	4	--	9
Festival Flórida x Aromas	94	RVFA16	20	5	14	20	--	--
Oso Grande x Milsei Tudla	46	RVOT21	11	6	8	13	--	--
Festival Flórida x Aromas	85	RVFA04	16	13	6	17	--	--
Camarosa x Aromas	194	RVCA16	9	8	13	9	--	--
Milsei Tudla x Sweet Charlie	170	RVTS08	--	9	16	--	16	20
Festival Flórida x Aromas	93	RVFA14	12	15	17	11	--	--
Milsei Tudla x Aromas	153	RVTA12	--	12	12	--	14	16
Sweet Charlie x Aromas	108	RVSA14	--	20	15	--	17	7

* Os sete primeiros híbridos ocorrem em todos os índices, porém em diferentes posições de seleção

Tabela 21. Híbridos selecionados e seus respectivos cruzamentos, códigos e posição de seleção para os três índices de seleção Smith (1936) e Hazel (1943), Mulamba e Mock (1978), Genótipo/Ideótipo com pesos econômicos estabelecidos para seleção com finalidade de produção de frutos para *consumo in natura* e para processamento com ocorrência em dois ou menos índices. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2014.

Cruzamento	Código	Híbrido	Consumo in natura			Processamento		
			Hazel e Smith	Mulamba e Mock	Genótipo /Ideótipo	Hazel e Smith	Mulamba e Mock	Genótipo /Ideótipo
Dover x Aromas	116	RVDA04	1	19	--	1	--	--
Dover x Aromas	122	RVDA11	7	--	20	7	--	--
Festival Flórida x Sweet Charlie	7	RVFSC07	8	--	18	8	--	--
Camarosa x Aromas	192	RVCA14	--	10	--	--	7	19
Sweet Charlie x Aromas	102	RVSA08	13	--	--	14	--	--
Festival Flórida x Aromas	83	RVFA02	15	17	--	16	--	--
Milsei Tudla x Aromas	150	RVTA09	--	18	--	--	5	13
Sweet Charlie x Aromas	109	RVSA15	--	--	--	--	6	5
Camarosa x Sweet Charlie	140	RVCS13	--	--	--	--	10	12
Sweet Charlie x Aromas	106	RVSA12	--	--	--	--	11	11
Sweet Charlie x Aromas	100	RVSA06	--	--	--	--	18	18
Milsei Tudlas x Aromas	161	RVTA20*	--	16	--	--	--	--
Camarosa X Sweet Charlie	134	RVCS06	--	--	--	--	--	10
Milsei Tudlas x Aromas	148	RVTA07	--	--	--	--	13	--
Milsei Tudlas x Aromas	146	RVTA05	--	--	--	--	19	--

* Híbridos que ocorreram apenas uma vez

Tabela 22. Desempenho dos híbridos de *Fragaria x ananassa* classificados nas dez primeiras posições para os índices seleção Smith (1936) e Hazel (1943), Mulamba e Mock (1978), Genótipo/Ideótipo para *consumo in natura* e processamento. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2014.

Código	Híbrido	NFC*	MMFC	MFC	MFNC	MTF	pH	SS	AT	Ratio	AR	FEN	PEC	VITC	ANT
116	RVDA04	195,4	17,22	3315,88	69,12	3385,00	3,37	7,96	0,91	7,93	2,42	229,28	1,64	96,78	31,82
137	RVCS10	195,4	17,18	3056,25	44,07	3100,32	3,72	10,04	0,48	23,91	4,13	188,01	-0,18	98,54	54,48
132	RVCS04	185,4	16,78	2836,75	93,95	2930,70	3,79	9,84	0,60	17,71	4,31	236,90	0,37	80,40	50,99
136	RVCS09	145,4	13,60	1833,85	325,91	2159,76	4,05	9,44	0,58	17,76	4,41	215,12	0,53	90,63	48,19
138	RVCS11	125,4	15,56	1819,35	131,85	1951,20	3,65	10,14	0,66	16,40	4,66	210,21	-0,07	94,96	50,14
129	RVCS01	135,4	15,66	1976,65	309,29	2285,94	3,61	8,12	0,70	12,03	3,23	155,63	1,90	74,21	50,99
135	RVCS07	135,4	18,77	2339,15	77,01	2416,16	3,41	9,65	0,89	10,90	3,45	168,01	0,97	80,31	38,86
047	RVOT22	197,4	14,13	2577,30	87,53	2664,83	3,89	7,17	0,82	8,80	2,34	214,11	0,72	87,65	49,49
157	RVTA16	158,4	15,64	2416,51	65,63	2482,13	3,40	6,73	0,97	5,20	3,21	156,91	3,63	67,81	77,17
184	RVCA06	160,4	16,82	2646,10	23,76	2669,86	3,19	8,53	0,59	14,32	3,06	173,97	3,46	58,55	68,58
094	RVFA16	91,4	17,56	1579,16	21,26	1600,42	3,37	9,21	0,46	16,09	3,20	184,44	0,33	98,24	58,96
109	RVSA15	55,4	15,86	900,12	92,00	992,11	3,51	8,25	0,87	9,75	3,60	190,68	3,01	60,48	45,89
046	RVOT21	117,4	16,98	1909,50	44,74	1954,24	3,70	8,16	0,61	13,76	2,48	247,32	0,23	81,40	53,44
085	RVFA04	111,4	18,73	2045,16	110,98	2156,14	3,28	7,62	0,50	13,15	2,90	284,31	3,00	94,48	40,71
122	RVDA11	145,4	14,76	2103,88	156,95	2260,83	3,36	7,52	0,70	11,42	2,60	238,94	-0,50	60,10	55,69
108	CVSA14	115,4	13,49	1601,22	91,90	1693,11	3,44	7,68	0,68	11,61	3,25	229,33	2,90	68,05	43,90
007	RVFSC07	122,4	13,37	1782,65	160,12	1942,76	3,39	9,13	0,60	15,69	2,65	203,10	0,92	83,53	26,89
194	RVCA16	130,4	18,09	2308,60	25,41	2334,01	3,23	8,51	0,56	14,91	2,85	133,74	4,10	82,78	55,48
113	RVDA01	95,4	17,69	1677,58	88,53	1766,11	3,40	8,21	0,84	9,44	2,79	217,51	2,51	95,11	38,69
170	RVTS08	76,4	13,29	1044,04	61,44	1105,48	3,50	8,43	0,58	14,14	3,97	209,43	2,47	82,99	38,12
192	RVCA14	70,4	17,80	1236,60	46,62	1283,22	3,39	8,64	0,64	13,56	3,00	126,84	4,76	81,00	66,68
140	RVCS13	55,4	14,87	845,85	163,80	1009,65	4,05	9,13	0,83	11,15	3,59	193,88	2,23	65,86	31,63

NFC - Número de Frutos Comerciais (frutos planta⁻¹), MMFC - Massa Média de Frutos Comerciais (g planta⁻¹), MFC - Massa de Frutos Comerciais (g planta⁻¹) MFNC - Massa de Frutos Não Comerciais (g planta⁻¹), MTF - Massa Total de Frutos (g planta⁻¹), SS - Sólidos Solúveis (Brix°), AT - Acidez Titulável (g ácido cítrico 100g⁻¹ polpa), Ratio - Razão Sólidos Solúveis/Acidez Titulável, AR - Açúcares Redutores %, FEN - Compostos Fenólicos (mg ácido gálico 100g⁻¹ polpa), PEC - Pectina (g pectina total 100g⁻¹ polpa), VITC - Ácido Ascórbico (mg ácido ascórbico 100g⁻¹ polpa) e ANT - Antocianinas (mg cianidina-3-glicosídeo 100g⁻¹ polpa).

*Médias ajustadas para o modelo Blocos Aumentados de Federer

6. CONCLUSÕES

As cultivares Camarosa e Aromas, como genitoras feminina e masculina, respectivamente, estiveram presentes nos cruzamentos com maiores percentuais de híbridos superiores às testemunhas, indicando alta concentração de genes favoráveis.

O cruzamento com maior número de híbridos selecionados, tanto para *consumo in natura* quanto para processamento, foi Camarosa x *Sweet Charlie*. Essas cultivares apresentam potencial para programas de melhoramento.

Os Índices de Mulamba e Mock (1978) e Genótipo/Ideótipo selecionaram diferentes híbridos com a aplicação de pesos diferenciando a finalidade para consumo *in natura* e processamento. O Índice Clássico selecionou os mesmos híbridos para as duas finalidades, mudando apenas a ordem de classificação a partir da décima posição, não sendo, portanto, sensível à aplicação dos diferentes pesos atribuídos nesse estudo.

Sete híbridos foram selecionados pelos três índices para as duas finalidades, apresentando dupla aptidão. São eles: RVCS10, RVCS04, RVCS09, RVCS11, RVCS07, RVCA06, RVDA01. São resultantes do cruzamento Camarosa x *Sweet Charlie* e Dover x Aromas.

O híbrido RVCS04 foi selecionado por todos os índices para as duas aptidões aparecendo nas três primeiras posições. Também reúnem excelentes atributos os híbridos 137 (RVCS10) para *consumo in natura* e 194 (RVCA16) para processamento. Outros híbridos com potencial para avançar na seleção estão relacionados na tabela 22.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de índices de seleção é uma ferramenta de grande auxílio ao melhorista na identificação de materiais genéticos promissores, especialmente nas primeiras etapas do programa quando o número de híbridos analisados é muito grande.

Os índices proporcionam a análise de um conjunto maior de características, auxiliando significativamente na identificação de materiais genéticos com melhor equilíbrio entre características produtivas e físico-químicas.

É recomendável o uso de mais de um índice na seleção. Dessa forma possibilita-se uma análise mais ampla, abrangendo maior número de híbridos, e com minimiza-se a possibilidade de erros, que eventualmente podem ocorrer pelas próprias características de cada índice, tais como a obtenção de estimativas precisas dos parâmetros para o índice clássico.

Os resultados desse experimento foram obtidos a partir de um ciclo. Recomenda-se que os híbridos selecionados sejam cultivados novamente e em outras regiões, de modo a confirmar seu desempenho, qualidade e adaptabilidade.

Sugere-se que os híbridos com aptidão para processamento, sejam testados através do preparo de sucos, geleias e outros possíveis produtos de interesse da indústria. E os híbridos com aptidão para mesa passem por testes sensoriais, de modo a avaliar suas propriedades organolépticas.

8. BIBLIOGRAFIA

AMARO, M.C.C. **A cadeia produtiva agro-industrial do morango nos municípios de Pelotas, Turuçu e São Lourenço.** 2002. 105p. Dissertação (Mestrado em Administração). Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2002.

ANTUNES, L. E. C.; HOFFMANN, A. Pequenas frutas: o produtor pergunta, a Embrapa responde. **Área de Informação da Sede-Colec Criar, Plantar, ABC, 500P/500R (INFOTECA-E)**, 2012.

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

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

AOAC – Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of AOAC International**: Gaithersburg, MD, USA, 1984. Official method 43.064.

BAKKER, J.; BRIDLE, P.; KOOPMAN, A. Strawberry juice colour: the effect of some processing variables on the stability of anthocyanins. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 60, n. 4, p. 471-476, 1992.

BARNECHE, A. C. D. O.; BONOW, S. Novos desafios para o melhoramento genético da cultura do morangueiro no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 33, n. 268, p. 21-26, maio/jun. 2012

BASU, A.; NGUYEN, A.; BETTS, N.M.; LYONS, T.J. Strawberry as a functional food: an evidence-based review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 54, p. 790-806, 2014.

BECKER, T. B. **Produção de mudas de morangueiro fora do solo sob diferentes concentrações de nitrogênio nas matrizes e datas de plantio das mudas na região sul do RS.** 2017. 118 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

BENASSI, M.T.; ANTUNES, A.J. A comparison of metaphosphoric and oxalic acids as extracts solutions for the determination of vitamin C in vegetables. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v.31, p.507-513, 1988.

BERNARDI, J.; HOFFMANN, A.; ANTUNES, L. E. C.; FREIRE, J. M. Cultivares. In: Sistema de produção de morango para mesa na região da Serra Gaúcha e encosta superior do Nordeste. **Embrapa Uva e Vinho.** Disponível em <http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/MesaSerraGaucha/cultivares.htm>. 2005. Acessado em 8 mai. 2017.

BITTER, T.; MUIR, H. M. A modified uronic acid carbazole reaction. **Analytical biochemistry**, v. 4, n. 4, p. 330-334, 1962.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. Melhoria de plantas. 6. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2013. 523p.

BRAHM, R. U.; UENO, B.; OLIVEIRA, R. P. Reaction of strawberry cultivars to powdery mildew under greenhouse conditions. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 2, p. 219-221, 2005.

BRINGHURST, R. S. Cytogenetics and evolution in American *Fragaria*. **Hortscience**, Alexandria, v. 25, n. 8, p. 879-881, Aug. 1990.

BRINGHURST, R. S.; VOTH, V. Breeding octoploid strawberries. **Iowa State Journal of Research**, v. 58, p. 371-381, 1984.

BUCIC-KOJIC, A.; PLANINIC, M.; SRECKO, T.; BILIC, M.; VELIC, D. Study of solid-liquid extraction kinetics of total polyphenols from grape seeds. **Journal of Food Engineering**, v.81, p.236-242, 2007.

CAMARGO, L. de S.; PASSOS, F. A. Morango. In: FURLANI, A. M. C.; VIÉGAS, G. P. (Ed). **O melhoramento de plantas no Instituto Agrônomo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1993. v. 1, p. 411-432.

CARVALHO, FIF de; LORENCETTI, C.; BENIN, G. Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal. **Pelotas: UFPel**, v. 142, 2004.

CASTRO, R. L. **Diversidade genética, adaptabilidade e estabilidade do morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) em cultivo orgânico**. 145 p. Tese (Doutorado)- Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, UFV, Viçosa, 2002.

CASTRO, R. L. Melhoramento genético do morangueiro: avanços no Brasil. **2º Simpósio Nacional do Morango 1º Encontro de Pequenas Frutas e Frutas Nativas**, p. 22, 2004.

CHANDLER, C. K.; FOLTA, K.; DALE, A.; WHITAKER, V. M.; HERRINGTON, M. Strawberry. In: BADENES, M. L.; BYRNE, D. H. (Ed). **Fruit breeding**. New York: Springer, 2012. p. 305-325.

CHANDLER, C. K.; LEGARD, D. E.; DUNIGAN, D. D. "Strawberry festival" Strawberry. **Hortscience**, Alexandria, v. 35, n. 7, p. 1366-1367, Dec. 2000.

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

CONNOR, L. J.; MARTIN, E. C. Components of pollination of commercial strawberries in Michigan. **HortScience**, 1973.

CONTI, J. H.; MINAMI, K.; TAVARES, F. C. A. Produção e qualidade de frutos de diferentes cultivares de morangueiro em ensaios conduzidos em Atibaia e Piracicaba. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 10-17, mar. 2002.

CORDENUNSI, B.R; NASCIMENTO, J. R. O.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Influence of cultivar on quality parameters and chemical composition of strawberry fruits

grown in Brazil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.50, n.9, p.2581-2586, 2002.

COSTA, A. F.; LEAL, N. R.; VENTURA, J. A.; GONÇALVES, L. S. A.; AMARAL JR, A. T.; COSTA, H. Adaptability and stability of strawberry cultivars using a mixed model. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 37, n. 4, p. 435-440, 2015.

CRANE, E.; WALKER, P. **Pollination directory for world crops**. International Bee Research Association, 1984.

CRONQUIST, A. **The Evolution and Classification of Flowering Plants**, 2 ed. Bronx, NY: The New York Botanical Garden, 1988. 555 p.

CRUZ, C. D. **Programa GENES: aplicativo computacional em genética e estatística versão Windows**. Viçosa: UFV, 2006. 382p.

CRUZ, C. D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. vol. 1. 4 ed. Viçosa, MG: UFV, 2012.

DALE, A.; SJULIN, T. M. Few cytoplasm contribute to North American strawberry cultivars. **Hortscience**, v. 25, n. 11, p. 1341–1342, 1990.

DARROW, G. M. Interrelation of temperature and photoperiodism in the production of fruit-buds and runners in the strawberry. **Proceeding of the American Society for Horticultural Science**, v. 34, p. 360–363, 1936.

DARROW, G. M. **Holt, rinehart and Winston: the strawberry history breeding and physiology**. New York: The New England Institute for Medical Research, 1966. 447 p.

DAVIS, T. M.; DIMEGLIO, L. M. Identification of putative diploid genome donors to the octoploid cultivated strawberry, *Fragaria* × *ananassa*. **Plant & Animal Genomes XII Conference**. San Diego, CA, p. 10-14, 2004.

DIAS, M. S. et al. Morango. In: PAULA JÚNIOR, T. J.; VENZON, M. (Ed). **101 culturas: Manual de Tecnologias Agrícolas**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. 800p.

DURNER, E. F.; BARDEN, J. A.; HIMELRICK, D. G.; POLING, E. B. Photoperiod and temperature effects on flower and running development in day-neutral, Junebearing, and everbearing strawberries. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 109, p. 396–400, 1984.

DURNER, E. F.; POLING, B. Flower bud induction, initiation, differentiation and development in the earlyglow strawberry. **Scientia Horticulturae**, v. 31, p. 61–69, 1987.

DUSCHESNE, N. A. **Histoire naturelle des fraisières**. 1766.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353 p.

FAEDI, W.; ARCUTI, P.; LOVATTI, L.; RECUPERO, S.; TURCI, P. **Monografia di cultivar di fragola**. Roma: Istituto Sperimentale per la Frutticoltura Roma, 2009. 240p.

FAEDI, W.; MOURGUES, F.; ROSATI, C. Strawberry breeding and varieties: situation and perspectives. In: **IV International Strawberry Symposium**. 567. 2002. p. 51-59.

FALCONER, D. S. Introdução à Genética Quantitativa (Tradução de Silva, MA e Silva, JC). **Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG**, p. 279, 1981.

FEDERER, W.T. Augmented (or hoonuiaku) designs. **Hawaiian Planters Record**, Aica, v. 55, p. 191-208, 1956.

FEDEROVA, N. J. Crossability and phylogenetic relations in the main European species of *Fragaria*. **Compte-rendu de l'Académie des Sciences de l'URSS**, Bernstein, V. 52, p. 545-547, 1946.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2008. 412p.

FORBES-HERNANDEZ, T. Y.; GASPARRINI, M.; AFRIN, S.; BOMPADRE, S.; MEZZETTI, B.; QUILLES, J. L.; GIAMPERI, F.; BATTINO, M. The healthy effects of strawberry polyphenols: which strategy behind antioxidant capacity? **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 56, 2016.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Production/crops/strawberries**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/?#data/QC>>. Acesso em: 22 jan. 2017.

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

GALVÃO, A. G.; RESENDE, L. V.; MALUF, W. R.; RESENDE, J. T. V.; FERRAZ, A. K. L.; MARODIN, J. C. Breeding new improved clones for strawberry production in Brazil. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 39, n. 2, p. 149-155, 2017.

GARCIA, A. A. F.; SOUZA JÚNIOR, C. L. Comparação de índices de seleção não paramétricos para a seleção de cultivares. **Bragantia**, v. 58, n. 2, p. 253-267, 1999.

GIUSTI, M.M.; WROLSTAD, R.E. Anthocyanins: characterization and measurement with uv-visible spectroscopy. In: WROLSTAD, R. E. **Current protocols in food analytical chemistry**. New York: John Wiley and Sons, v.1, n. 2, p. 1-13, 2001.

GONÇALVES, M. A.; VIGNOLO, G. K.; ANTUNES, L. E. C.; REISSER JR., C. Produção de morangos fora do solo. **Embrapa Clima Temperado-Documentos (INFOTECA-E)**, v. 410, 2016.

GUIMARÃES, A. G. **Produtividade, qualidade e conservação pós-colheita de frutos de diferentes cultivares de morangueiro**. 98p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). UFVJM - Universidade Federal dos Vales do Jequetinhonha e Mucuri. Diamantina-MG. 2013.

HANCOCK, J.F. **Strawberries**. CAB International, Wallingfer, UK. 1999.

HANCOCK, J. F.; BRINGHURST, R. S. Yield component interactions in wild populations of California *Fragaria*. **HortScience (USA)**, 1988.

HANCOCK, J. F. Ecological genetics of natural strawberry species. **Hortscience**, Alexandria, v. 25, n. 8, p. 869–871, Aug. 1990.

HANCOCK, J. F.; FIN, C. E.; LUBY, J. J.; DALE, A.; CALOW, P. W.; SERÇE, S. Reconstruction of the strawberry, *Fragaria x ananassa*, using genotypes of *F. virginiana* and *F. chiloensis*. **Hortscience**, Alexandria, v. 45, n. 7, p. 1006–1013, July 2010.

HANCOCK, J. F.; SJULIN, T. M.; LOBOS, G. A. Strawberries. In: HANCOCK, J. F. (Ed.). **Temperate fruit crop breeding**. New York: Springer, 2008. p. 393–437.

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

HARRISON, R. E.; LUBY, J. J.; FURNIER, G. R.; HANCOCK, J. F. Differences in the apportionment of molecular and morphological variation in North American strawberry and the consequences for genetic resource management. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 47, n. 6, p. 647-657, 2000.

HAZEL, L. N. The genetic basis for constructing selection indexes. **Genetics**, Austin, v. 28, n. 6, p. 476-490, 1943.

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.

HOWARD, C. M. **Strawberry plant called ‘Sweet Charlie’**. Gainesville: Florida Foundation Seed Producers, US n. PP8729 P, 17 May 1994.

HOWARD, C. M.; ALBREGTS, E. E. “Dover” strawberry. **Hortscience**, Alexandria, v. 15, p. 540, 1980.

HUMMER, K.; HANCOCK, J. **Strawberry genomics: botanical history, cultivation, traditional breeding, and new technologies**. In: K.M. Folta and S.E. Gardiner (eds.), **Genetics and Genomics of Rosaceae**, Plant Genetics and Genomics: Crops and Models 6. Springer. New York. 2009. p. 413-436.

IAL. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Brasília: Ministério da Saúde, 2005.

ITO, Y.; MARUO, T.; ISHIKAWA, M.; SHINOHARA, Y. Effects of scarification with sulfuric acid and matric priming on seed germination of seed propagation type of F-1 hybrid strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, Tokyo, v. 80, n. 1, p. 32–37, Jan. 2011.

LACEY, C. N. D. Phenotypic correlations between vegetative characters and yield components in strawberry. **Euphytica**, v. 22, n. 3, p. 546-554, 1973.

LESSA, L. S.; LEDO, C. A. S.; SANTOS, V. S. S.; SILVA, S. O. S.; PEIXOTO, C. P. Seleção de híbridos diplóides (AA) de bananeira com base em três índices não paramétricos. **Bragantia**, v. 69, n. 3, p. 525-533, 2010.

LUBY, J. J.; HANCOCK, J. F.; DALE, A.; SERÇE, S. Reconstructing *Fragaria x ananassa* utilizing wild *F. virginiana* and *F. chiloensis*: inheritance of winter injury, photoperiod sensitivity, fruit size, female fertility and disease resistance in hybrid progenies. **Euphytica**, Wageningen, v. 163, n. 1, p. 57–65, Sept. 2008.

MADAIL, J. C. M.; ANTUNES, L. E. C.; BELARMINO, L. C.; ALMEIDA, B.; GARDIN, J. A. **Avaliação econômica dos sistemas de produção de morango: convencional, integrado e orgânico**. Embrapa Clima Temperado, Comunicado Técnico, v. 181, p. 1-4, 2007.

MCCREADY, R.; MCCOMB, E. A. Extraction and determination of total pectic materials in fruits. **Analytical chemistry**, v. 24, n. 12, p. 1986-1988, 1952.

MELO, G. W. B.; BORTOLOZZO, A. R.; VARGAS, L. Produção de morangos no sistema semi-hidropônico. **Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho**, 2006.

MISHRA, P. K.; RAM, R. B.; KUMAR, N. Genetic variability, heritability, and genetic advance in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 39, n. 3, p. 451-458, 2015.

MOORE, J. N.; HOUGH, L. F. Relationships between auxin levels, time of floral induction and vegetative growth of the strawberry. In: **Proceeding of the American Society for Horticultural Science**. 1962. p. 255-264.

MORALES, R. G. F.; RESENDE, J. T. V.; FARIA, M. V.; SILVA, P. R. Divergência genética em cultivares de morangueiro, baseada em caracteres morfoagronômicos. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 58, n. 3, p. 323–329, maio/jun. 2011.

MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**, v.7, p.40-51, 1978

MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 15, p. 473–497, 1962.

NJUGUNA, W. **Development and use of molecular tools in *Fragaria***. Oregon State University, 2010.

NUNES, C. F.; FERREIRA, J. L.; GENEROSO, A. L.; DIAS, M. S. C.; PASQUAL, M.; CANÇADO, G. M. A. C. The genetic diversity of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) hybrids based on ISSR markers. **Acta Scientiarum-Agronomy**, Maringá, v. 35, n. 4, p. 443–452, Oct/Dec. 2013.

OLIVEIRA, R. P.; SCIVITTARO, W. B. Produção de frutos de morango em função de diferentes períodos de vernalização das mudas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 1, p. 91-95, jan./mar. 2009.

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.

PALHA, M. G. Manual do morangueiro. **Edição PO AGRO DE&D**, n. 193, 2005.

PBMH e PIMO. Programa Brasileiro Para a Modernização da Horticultura e Produção Integrada de Morango. **Normas de Classificação de Morango**. CEAGESP, São Paulo, 2009.

PEŠEK, J.; BAKER, R. J. Desired improvement in relation to selection indices. **Canadian journal of plant science**, v. 49, n. 6, p. 803–804, 1969.

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.

RADMANN, E. B.; BIANCHI, V. J.; OLIVEIRA, R. P.; FACHINELLO, J. C. Caracterização e diversidade genética de cultivares de morangueiro. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 1, p. 84–87, 2006.

REISSER JR, C.; ANTUNES, L. E. C.; ALDRIGHI, M.; VIGNOLO, G. Panorama do cultivo de morangos no Brasil. **Campo e Negócios Hortifruti**. Dez 2015. p. 58-59.

RESENDE, J. V. T.; MORALES, R. G. F.; FARIA, M. V. Produtividade e teor de sólidos solúveis de frutos de cultivares de morangueiro em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 2, p. 185-189, abr./jun. 2010.

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

ROUSSEAU-GUEUTIN, M.; GASTON, A.; AINOUCHE, A.; AINOUCHE, M. L.; OLBRICHT, K.; STAUDT, G.; RICHARD, L.; DENOYES-ROTHAN, B. Tracking the evolutionary history of polyploidy in *Fragaria* L. (strawberry): new insights from phylogenetic analyses of low-copy nuclear genes. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, Orlando, v. 51, n. 3, p. 515-530, Jan. 2009.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Plant Physiology**. 4ed. Belmont, CA: Wadsworth Publishing Co. 1992. 682 p.

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

SANTOS, A.M.; MEDEIROS, A.R.M. (eds). **Morango: produção**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p.35-38. (Embrapa Informação Tecnológica. Frutas do Brasil, 40).

SANTOS, P. E. T dos. **Sistemas de produção do morango**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005. Disponível em: < <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/>>. Acesso em: 08 mai. 2017.

SECRETARIA DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO DO PARANÁ - SEAB. **Morango: valor bruto da produção rural paranaense**. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=156>>. Acesso em: 29 abr. 2017.

SENANAYAKE, Y. D. A.; BRINGHURST, R. S. Origin of *Fragaria* polyploids. I., cytological analysis. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 54, p. 221–223, 1967.

SHAW, D. V. **Strawberry plant named ‘Aromas’**. Oakland: University of Califórnia, US n. 10451, 1998.

SHAW, D.; LARSON, K. Performance of early-generation and modern strawberry cultivars from the University of California breeding programme in growing systems simulating traditional and modern horticulture. **The Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Ashford, v. 83, n. 5, p. 64-652, Sept. 2008.

SHAW, D. V. Response to selection and associated changes in genetic variance for soluble solids and titratable acids contents in strawberries. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 115, n. 5, p. 839–843, 1990.

SMITH, H. F. A discriminant function for plant selection. **Annals of Eugenics**, London, v. 7, n. 3, p. 240-250, 1936.

SMITH, O. S.; HALLAUER, A. R.; RUSSELL, W. A. Use of index selection in recurrent selection programs in maize. **Euphytica**, Dordrecht, v. 30, n. 3, p. 611-618, 1981.

STAUDT, G. Strawberry biogeography, genetics and systematics. In: VI International Strawberry Symposium. **Acta Hortic.** 842. 2009. p. 71-84.

STEWART, P.; FOLTA, K. M. A review of photoperiodic flowering research in strawberry (*Fragaria* spp.). **Critical Reviews in Plant Sciences**, Cleveland, v. 29, n.1, p. 1–13, Jan. 2010.

SUBANDI, W.; COMPTON, A.; EMPIG, L.T. Comparison of the efficiencies of selection indices for three traits in two variety crosses of corn. **Crop Science**, v. 13, p. 184-186, 1973

TAI, G.C.G. Index selection with desired gain. **Crop Science**, v. 17, p. 182-183, 1977.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Editora Artmed, 2013. 918p.

TAZZO, I. F.; FAGHERAZZI, A. F.; LERIN, S.; KRETZSCHMAR, A. A. Exigência térmica de duas seleções e quatro cultivares de morangueiro cultivado no planalto catarinense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, p. 550-558, 2015.

THAKUR, B. R.; SINGH, R. K.; HANDA, A. K. Chemistry and uses of pectin - a review. **Critical Reviews in Food Science & Nutrition**, v. 37, n. 1, p. 47-73, 1997.

UKALSKA, J.; MADRY, W.; UKALSKI, K.; MASNY, A.; ZURAWICZ, E. Patterns of variation and correlation among traits in a strawberry germplasm collection (*Fragaria x ananassa* Duch.) **Journal of Fruit Ornamental Plant Research**, v. 14, p. 5-22, 2006.

VIEIRA, S. D. **Parâmetros genéticos e seleção de híbridos experimentais de morangueiro**. 92p. 2016. Tese (Doutorado em Agronomia). UFLA - Universidade Federal de Lavras, MG. 2016.

VIEIRA, S. D.; SOUZA, D. C.; MARTINS, I. A.; RIBEIRO, G. H. M. R.; RESENDE, L. V.; FERRAZ, A. K. L.; GALVÃO, A. G.; RESENDE, J. T. V. Selection of experimental strawberry (*Fragaria x ananassa*) hybrids based on selection indices. **Genetics and molecular research: GMR**, v. 16, n. 1, 2017.

WILLIAMS, J.S. The evaluation of a selection index. **Biometrics**, v. 18, p. 375-393, 1962.

VOTH, V.; BRINGHURST, R. S. **Strawberry plant called 'Oso Grande'**. Oakland: University of California, US n. 6578, 31 Jan. 1989.

VOTH, V.; SHAW, D. V.; BRINGHURST, R. S. **Strawberry plant called 'Camarosa'**. Oakland: University of California, US n. PP8708 P, 3 May 1994.

WREGE, M.S.; STEINMETZ, S.; REISSER JUNIOR, C.; ALMEIDA, I.R. **Atlas climático da Região Sul do Brasil**: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. 1. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 336 p.

ZAWADNEAK, M. A. C.; SCHUBER, J. M.; MÓGOR, Á. F. **Como produzir morangos**. Curitiba: Ed. UFPR, 2013.

ZIMMERMANN, F. J. P. **Estatística aplicada à pesquisa agrícola**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004.