

**Universidade de São Paulo  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Seleção de híbridos de framboeseiras desenvolvidos por  
melhoramento convencional**

**Caio Morais de Alcântara Barbosa**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor  
em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

**Piracicaba  
2022**

**Caio Morais de Alcântara Barbosa  
Engenheiro Agrônomo**

**Seleção de híbridos de framboeseira desenvolvidos por melhoramento  
convencional**

Orientador:  
Prof. Dr. **MARCEL BELLATO SPÓSITO**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor  
em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

**Piracicaba  
2022**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP**

Barbosa, Caio Morais de Alcântara

Seleção de híbridos de framboeseiras desenvolvidos por melhoramento convencional / Caio Morais de Alcântara Barbosa. - - Piracicaba, 2022.

92 p.

Tese (Doutorado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. *Rubus idaeus* 2. Seleção massal 3. Pequenos frutos 4. Produção I.  
Título

## DEDICATÓRIA

*À minha família: Rosana, Pedro e Fernando.*

*À Michelle.*

*A todos que me ajudaram a chegar até aqui.*



## AGRADECIMENTOS

À minha família, minha mãe Rosana, meu pai Pedro e meu irmão Fernando, por todo o amor, carinho e suporte em todos os momentos. Ao meu avô Lauro agradeço o seu exemplo de vida. Pela memória de minha avó Francisca, de minha avó Dorinha e de meu avô Tito, agradeço pelos ensinamentos e inspiração. A todos os meus tios, tias, primos e primas, agradeço o apoio e incentivo.

À Michelle por todo amor, companheirismo e apoio em todos os momentos, bons e ruins. Seu incentivo foi fundamental para eu conseguir chegar até aqui.

Ao Prof. Dr. Marcel Bellato Spósito pela orientação, incentivo, paciência, amizade e por toda a ajuda no decorrer do doutorado.

Ao Prof. Dr. Roberto Fritsche-Neto pelas orientações no início deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Ricardo Alfredo Kluge e a todos os integrantes do Laboratório de Fisiologia e Bioquímica Pós-Colheita pela disponibilidade de utilização dos equipamentos para as análises físico-químicas dos frutos.

A todos os professores, técnicos e funcionários da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, em especial aos que fazem parte do Departamento de Produção Vegetal, pelos ensinamentos e pela ajuda na condução dos experimentos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, agradeço a oportunidade.

Ao amigo Rodrigo Veraldi Ismael pelas contribuições técnicas e pela disponibilização do material vegetal e da área de estudo em São Bento do Sapucaí.

A todos amigos e colegas de pós-graduação que ajudaram na condução dos experimentos, em especial aos amigos Matheus Luís Docema, Ricardo Bordignon Medina, Yane Caroline dos Anjos Bezerra e Márcia Gonçalves Dias.

Aos amigos de república Fernando, Filipe, Camilo e Danilo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsas de estudos de doutorado.

À Universidade Virtual do Estado de São Paulo (UNIVESP), pela oportunidade de atuar como facilitador e pela concessão de bolsa de estudos.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo pela oportunidade de fazer parte da história de uma das maiores instituições de ensino do país.

A todos que acreditaram em mim e me incentivaram nesta caminhada.

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| RESUMO.....   | 7  |
| ABSTRACT .....  | 8  |
| 1. INTRODUÇÃO .....   | 9  |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....  | 11 |
| 2.1. A framboeseira .....   | 11 |
| 2.2. Produção e comercialização de framboesas .....                             | 11 |
| 2.3. Caracterização da planta de framboeseira .....                             | 12 |
| 2.4. Cultivares de framboeseiras .....  | 14 |
| ‘Heritage’ .....  | 15 |
| ‘Golden Bliss’ .....  | 15 |
| ‘Salmon’ .....  | 16 |
| ‘Frutopia C5’ .....   | 16 |
| 2.5. Melhoramento de framboeseiras .....  | 16 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS .....   | 21 |
| 3.1. Caracterização da área de estudo .....                                     | 21 |
| 3.2. Material vegetal .....   | 21 |
| 3.3. Híbridações .....  | 21 |
| 3.4. Coleta e escarificação de sementes .....                                   | 23 |
| 3.5. Estratificação e germinação de sementes .....                              | 24 |
| 3.6. Seleção de híbridos de framboeseiras por características agronômicas ..... | 25 |
| 3.6.1 Avaliação inicial (ciclo de produção 2018-2019) .....                     | 25 |
| 3.6.2 Avaliação de segundo ano (ciclo de produção 2019-2020).....               | 26 |
| 3.6.3 Avaliação de híbridos superiores (ciclo de produção 2020-2021) .....      | 27 |
| 3.7 Análise estatística.....  | 28 |
| 4 RESULTADOS .....  | 29 |
| 4.1 Avaliação inicial (ciclo de produção 2018-2019).....                        | 29 |
| 4.1.1 Cruzamento ‘Heritage’ x ‘Frutopia C5’ .....                               | 29 |
| 4.1.2 Cruzamento ‘Salmon’ x ‘Frutopia C5’ .....                                 | 32 |
| 4.1.3 Cruzamento ‘Golden Bliss’ x ‘Frutopia C5’ .....                           | 35 |
| 4.2. Avaliação de segundo ano (ciclo de produção 2019-2020) .....               | 38 |

|  |    |
|--|----|
| 4.2.1 Cruzamento 'Heritage' x 'Frutopia C5' .....                        | 38 |
| 4.2.2 Cruzamento 'Salmon' x 'Frutopia C5' .....                          | 45 |
| 4.2.3 Cruzamento 'Golden Bliss' x 'Frutopia C5' .....                    | 50 |
| 4.3 Avaliação de híbridos superiores (ciclo de produção 2020-2021) ..... | 57 |
| 4.3.1 Avaliação dos parentais.....                                       | 57 |
| 4.3.2 Cruzamento 'Heritage' e 'Frutopia C5' .....                        | 60 |
| 4.3.3 Cruzamento 'Salmon' e 'Frutopia C5' .....                          | 62 |
| 4.3.4 Cruzamento 'Golden Bliss' e 'Frutopia C5' .....                    | 65 |
| 4.3.5 Análise dos parentais e híbridos selecionados .....                | 67 |
| 5. DISCUSSÃO.....  | 73 |
| 6. CONCLUSÕES.....   | 79 |
| REFERÊNCIAS .....  | 81 |
| ANEXOS.....  | 89 |

## RESUMO

### **Seleção de híbridos de framboesiras desenvolvidos por melhoramento convencional**

A framboeseira (*Rubus idaeus* L.) é uma planta perene de clima temperado, de interesse comercial crescente no Brasil. As cultivares disponíveis aos produtores brasileiros são antigas e pouco produtivas, quando comparadas às utilizadas em outros países. O objetivo deste trabalho foi realizar cruzamentos controlados entre três cultivares livres disponíveis no Brasil ('Heritage', 'Salmon' e 'Golden Bliss'), com um acesso superior ('Frutopia C5'), buscando híbridos superiores aos parentais em relação a características agrônômicas principalmente de produção e qualidade dos frutos. Após realização dos cruzamentos ('Heritage' x 'Frutopia C5' - HF, 'Salmon' x 'Frutopia C5' - SF e 'Golden Bliss' x 'Frutopia C5' - GF), sementes foram tratadas e germinadas, e as progênes com 80 híbridos de cada cruzamento foram levadas a campo em São Bento do Sapucaí, SP. Os híbridos foram selecionados utilizando análise de componentes principais (ACP), com base nas variáveis produção total e massa média do fruto, passando para um novo ciclo de avaliação com 30 híbridos HF, 24 SF e 27 GF. No segundo ciclo produtivo as plantas foram levadas a Piracicaba, SP e avaliadas para características de produção e qualidade físico-química dos frutos, além de características de colorimetria. Foram selecionados por ACP, seis híbridos da progênie HF, quatro da progênie SF e cinco da progênie GF. No terceiro e último ciclo de produção, as plantas foram multiplicadas em cinco repetições e avaliadas em comparação com seus parentais, em São Bento do Sapucaí. Utilizou-se ACP e teste de médias para avaliação final dos híbridos e parentais. Para produção total destacam-se os híbridos HF-072, GF-163, GF-219, HF-032, SF-143, GF-195 e SF-110, que foram superiores aos parentais e demais híbridos. Para massa média do fruto destacam-se os híbridos SF-096 e GF-163 foram superiores a todos os demais. De maneira geral, foram desenvolvidos híbridos superiores aos parentais, com utilidade para continuidade do melhoramento de framboesiras no Brasil.

Palavras-chave: *Rubus idaeus*, Seleção massal, Pequenos frutos, Produção

## ABSTRACT

### **Selection of raspberry hybrids developed by conventional breeding**

The raspberry (*Rubus idaeus* L.) is a perennial plant of temperate climate, of growing commercial interest in Brazil. The cultivars available to Brazilian producers are old and not very productive when compared to those used in other countries. The aim of this work was to carry out controlled crosses between three free cultivars available in Brazil ('Heritage', 'Salmon' and 'Golden Bliss'), with a superior accession ('Frutopia C5'), seeking for superior progenies when compared to the parents in relation to agronomic characteristics, mainly of production and fruit quality. After performing the crosses ('Heritage' x 'Frutopia C5' - HF, 'Salmon' x 'Frutopia C5' - SF and 'Golden Bliss' x 'Frutopia C5' - GF), seeds were treated and germinated, and three progenies with 80 hybrids from each cross were taken to the field in São Bento do Sapucaí, SP. The hybrids were selected using principal component analysis (PCA), based on the variables of total production and average fruit mass, moving to a new evaluation cycle with 30 HF, 24 SF and 27 GF hybrids. In the second production cycle, the plants were taken to Piracicaba, SP and evaluated for production characteristics and physicochemical quality of the fruits, in addition to colorimetry characteristics. Six hybrids from the HF progeny, four from the SF progeny and five from the GF progeny were selected by PCA. In the third and last production cycle, the plants were multiplied in five replications and evaluated in comparison with their parents, in São Bento do Sapucaí. PCA and test of means were used for the final evaluation of the hybrids and parents. For total production, the hybrids HF-072, GF- 163, GF-219, HF-032, SF- 143, GF-195 and SF-110 were superior to the parents and other hybrids. For average fruit mass, SF-096 and GF-163 were superior to all others. In general, superior hybrids were developed when compared to the parents, useful for the raspberry breeding in Brazil.

Keywords: *Rubus idaeus*, Mass selection, Berries, Production

## 1. INTRODUÇÃO

Framboeseira vermelha e framboeseira europeia são os nomes populares utilizadas no Brasil para a espécie *Rubus idaeus* L., a principal em importância econômica de plantas denominadas framboesiras. A framboeseira vermelha pertence à família Rosaceae, gênero *Rubus* e subgênero *Idaeobatus*, e tem como centro de origem o sudoeste da China, onde é encontrada sua maior diversidade genética (Funt, 2013). A framboeseira é cultivada majoritariamente no hemisfério norte, e tem como principais países produtores a Rússia, México, Sérvia e Estados Unidos (FAO, 2021).

Ainda pouco cultivada no Brasil, a cultura tem se expandido nos últimos anos como alternativa de diversificação de produção agrícola, pela sua alta rentabilidade e suas características nutracêuticas, que satisfazem o mercado consumidor (Caminiti et al., 2016). Devido a crescente demanda dessa fruta, pode-se observar um aumento nas importações brasileiras de framboesas, mostrando o grande potencial dessa cultura no mercado interno, ainda pouco explorado (Barbosa et al., 2019). O cultivo comercial de framboesiras em território brasileiro teve início no estado de São Paulo, na década de 1950, e expandiu-se pelos estados do sul do país, principalmente pelo fato de ser uma planta originária de clima temperado (Raseira et al., 2004; Pio, 2014). O cultivo comercial de framboesiras no Brasil encontra-se, além dos estados da região do sul, também, em São Paulo e Minas Gerais (Maro et al., 2012; Abaurre et al., 2017).

Os principais desafios para o cultivo da framboeseira no Brasil estão relacionados à limitada quantidade de cultivares disponíveis aos produtores. As cultivares utilizadas são muito antigas e pouco produtivas, quando comparadas às cultivares utilizadas nos principais países produtores, além de serem suscetíveis a doenças e pouco adaptadas às condições edafoclimáticas da maior parte do país. Desta forma, é importante a introdução de cultivares mais produtivas e com frutos de melhor qualidade, ainda que no Brasil, não há nenhum programa de melhoramentos de framboesiras.

O melhoramento clássico é muito utilizado pelos programas de melhoramento de framboesiras, ainda que a seleção de genótipos superiores requer muitos anos de avaliação, para garantia de qualidade e estabilidade das principais características (Graham e Brennan, 2018). O método clássico de melhoramento inicia-se com a polinização controlada de genótipos de interesse, passando para a germinação das

sementes e posterior seleção de híbridos com as características desejadas (Oliveira et al., 2007).

Portanto, o trabalho teve como objetivo realizar cruzamentos controlados entre cultivares comerciais estabelecidas no Brasil utilizando o método de melhoramento clássico, na busca de híbridos com características desejáveis para o desenvolvimento de novas cultivares para o mercado brasileiro.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. A framboeseira

As framboeseiras pertencem à família Rosaceae e ao gênero *Rubus*, o qual apresenta grande diversidade, sendo subdividido em 14 subgêneros, com um número cromossômico básico de  $x=7$  e poliploidia complexa, podendo ocorrer até dodecaplóides ( $12x$ ). A framboeseira vermelha (*Rubus idaeus* L.) ocorre principalmente como diploide ( $2x=2n=14$ ) em formas selvagens e em cultivares comerciais (Lim et al., 1998; Carter et al., 2019). Outras espécies do gênero *Rubus* cultivadas comercialmente são as amoreiras-pretas, principalmente as do subgênero *Rubus*, anteriormente chamado *Eubatus* (Finn e Clark, 2012). A característica marcante das framboeseiras, que as diferenciam das amoreiras-pretas, são os frutos em forma de drupéolas agregadas, que quando colhidos são separados do receptáculo, sendo as espécies pertencentes aos subgêneros *Idaeobatus*, *Cylactus*, *Anoplobatus*, *Chamaemorus* e *Malachobatus*, as que apresentam essa característica (Hummer e Hall, 2013).

O principal subgênero de interesse econômico entre as framboeseiras é o *Idaeobatus*, onde se encontra a framboeseira vermelha (*Rubus idaeus* L.). Este subgênero contém aproximadamente 200 espécies selvagens e ocorre na maioria dos continentes, porém com presença mais representativa no Hemisfério Norte, onde apresenta maior diversidade em áreas temperadas e subtropicais do leste da Ásia (Jennings, 1988).

### 2.2. Produção e comercialização de framboesas

Segundo dados da FAO (2021), foram produzidas no mundo, no ano de 2019, cerca de 822 mil toneladas de framboesas vermelhas, em uma área de aproximadamente 122,5 mil hectares, com uma produtividade média de 6,45 t/ha. Os principais países em produção foram Rússia (174 mil t), México (129 mil t), Sérvia (120 mil t), Estados Unidos (102 mil t) e Polônia (76 mil t).

A framboesa é uma fruta muito perecível, sendo comercializada como fruta fresca ou processada (na maioria das vezes congelada), o que depende das características dos mercados consumidores onde são produzidas ou para onde são exportadas. Os dados do comércio global para framboesas frescas e processadas são limitados, pois para a maioria dos países exportadores, os dados dessa cultura são



somados a de outras frutas pequenas frutas, como a amora-preta e a groselha (USITC, 2021).

No Brasil, os relatos sobre os primeiros cultivos comerciais de framboeseiras, são da década de 1950, em Campos do Jordão, estado de São Paulo, na região da Serra da Mantiqueira (Raseira et al., 2004; Pio, 2014). O estado do Rio Grande do Sul é principal produtor brasileiro, com a maior área de produção do país, destacando-se a região de Vacaria, com cerca 150 hectares (Caminiti et al., 2016). Os estados de São Paulo e Minas Gerais são outras regiões produtoras de destaque, mas a produção brasileira ainda é insuficiente para atender a demanda interna, que é complementada por frutas importadas (Maro et al., 2012; Abaurre et al., 2017).

No Brasil, o consumo de framboesa, assim como de outros pequenos frutos, vêm aumentando devido ao grande interesse dos consumidores por alimentos com boas características nutricionais (Cantuárias-Aviles et al., 2013). As frutas de framboeseira possuem ótimo valor nutricional, contendo fibra solúvel, vitaminas, minerais e grandes quantidades de antioxidantes como os polifenóis, que podem prevenir doenças como o câncer e outras doenças inflamatórias crônicas, resultando em forte demanda do mercado consumidor e preços elevados, o que sugere boa rentabilidade aos produtores que desejam iniciar as atividades nesse segmento (Liu et al., 2002; Xu, 2016).

### **2.3. Caracterização da planta de framboeseira**

As framboeseiras são plantas perenes e de porte arbustivo, possuem vida relativamente longa, com plantios comerciais ou mesmo plantas em jardins produzindo frutos por até 20 anos, dependendo da localização e das características do solo (Funt, 2013). Possui sistema radicular fasciculado que é considerado a porção perene da planta. A maior parte das raízes apresenta espessura de 3 a 4 milímetros, mas a podem chegar a 20 mm de espessura quando próximas ao colo da planta. Cerca de 70% das raízes estão distribuídas a profundidade de 25 a 30 centímetros, ainda que a framboeseira busque fontes de água na maioria das vezes na porção de até 60 cm, as raízes podem chegar a 180 cm de profundidade no solo (Oliveira et al., 2007; Funt, 2013). O sistema caulinar das framboesas é composto pelas hastes, também chamadas canas, que apresentam forma cilíndrica e podem apresentar acúleos e pelos ou serem completamente lisas, além de possuírem normalmente uma gema axilar por nó (Tezotto-Uliana e Kluge, 2013). As hastes de framboeseira podem

crescer até 5 metros dependendo do tipo de solo, cultivar e clima, porém as cultivares comerciais apresentam altura média de 1,5 a 2 metros. O maior vigor da planta é expresso pelo aumento do diâmetro e do comprimento da haste. Dependendo do hábito de frutificação, podem ou não ramificar no primeiro ano de cultivo, de forma que, se gema terminal é danificada ou podada, a ramificação tende a ocorrer (Funt, 2013).

A framboeseira possui inflorescências do tipo cimeira, com número variável de flores, sendo uma flor na ponta da estrutura que normalmente abre primeiro e as demais se abrem em sequência em direção à base. As flores são hermafroditas, possuindo cerca 2,5 cm de diâmetro, com cinco sépalas e cinco pétalas normalmente de coloração branca (Oliveira et al., 2007). Ainda que possa ocorrer autopolinização, é importante a visita de insetos polinizadores que realizem a troca de pólen entre plantas, visto que isto é benéfico para a formação e incremento de massa dos frutos. Abelhas do gênero *Apis* são os principais polinizadores e recomenda-se a presença de duas colmeias destas abelhas por hectare para aumentar a produção (Delaplane e Mayer, 2000). O fruto da framboeseira é do tipo agregado, ou seja, um conjunto de vários ovários polinizados, chamados individualmente de minidrupas ou drupéolas, estão unidos a partir de uma mesmo receptáculo. Uma camada de abscisão é formada no ponto de união entre as drupéolas e o receptáculo, de modo que este último é ligado à planta e, portanto, o fruto agregado apresenta uma cavidade oca (Oliveira et al., 2007; Tezotto-Uliana e Kluge, 2013).

As cultivares de framboeseiras são classificadas em dois grupos relacionados ao hábito de frutificação, as cultivares remontantes (*primocanes*) e não-remontantes (*floricanes*). As cultivares remontantes podem apresentar até dois ciclos produtivos em um mesmo ano, um no verão e outro no outono. As cultivares não-remontantes apresentam apenas um ciclo de frutificação, após a planta passar por um período invernal.

Em plantas remontantes, a diferenciação floral das gemas ocorre durante o período de crescimento vegetativo, de tal forma que não é necessário um período invernal para ocorrer o florescimento. O menor requerimento de horas-frio permite que as cultivares remontantes sejam cultivadas em regiões de clima mais quente, onde as não-remontantes não se desenvolvem (Pritts, 2008). O manejo de podas pode alterar os períodos de produção em cultivares remontantes, sendo possível obter produções fora de época (Oliveira et al., 1996). Herckens et al. (2019) relatam a produção durante

todo o ano utilizando a cultivar remontante 'Kwanza', empregando diferentes técnicas de cultivo. De maneira geral, as cultivares remontantes têm maior período de colheita e conseqüente maior produção, além da possibilidade de expansão do cultivo para regiões de clima mais quente, desta forma o desenvolvimento de cultivares remontantes é o principal objetivo de programas de melhoramento (Gambardella et al., 2015).

#### **2.4. Cultivares de framboeseiras**

Segundo Hummer e Hall (2013), muitas universidades pelo mundo abandonaram seus programas de melhoramento de framboeseiras, e conseqüentemente o lançamento de cultivares. Os programas de melhoramento público estão sendo reduzidos e empresas privadas dominam o setor, tornando seus programas secretos, não publicando ou permitindo que programas rivais tenham acesso a genótipos e informações. Os programas privados de melhoramento patenteiam suas cultivares como forma de proteção, utilizando as diretrizes da UPOV (União para a Proteção das Obtenções Vegetais). Além disso, a troca e comercialização de materiais vegetais entre países com leis de proteção de propriedade intelectual diferentes, requer um procedimento complexo e de alto custo, principalmente no caso de novas cultivares (Jovanović et al., 2018).

No Brasil, o número de cultivares disponíveis aos produtores está restrito a cultivares remontantes antigas, já pouco utilizadas em outras regiões produtoras de maior destaque, sendo este um fator limitante para o desenvolvimento e expansão da cultura no país. A entrada de novas cultivares no Brasil é condicionada aos interesses comerciais das empresas detentoras dos direitos de proteção. Apenas quatro cultivares, todas sem proteção, estão cadastradas no Registro Nacional de Cultivares (RNC) e seis cultivares protegidas para uso e comercialização estão no Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC), ambos do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2021).

Segundo Campagnolo (2012) as principais cultivares utilizadas no Brasil são: 'Heritage', 'Autumn Bliss', 'Golden Bliss', 'Polana' e 'Batum' ('Autumn Briten'). 'Salmon', 'Sugana', 'Tulameen' e 'Fallgold' também são outras cultivares utilizadas no país.

### **‘Heritage’**

A cultivar Heritage foi lançada em 1969, pelo New York State Agricultural Experiment Station (NYSAES), centro de pesquisa ligado à Cornell University, em Geneva, New York, EUA (Weber, 2013). Oriunda de cruzamento entre as cultivares (Milton x Cuthbert) x Durham, é uma cultivar de hábito de frutificação remontante, que apresenta frutos de coloração vermelha, formato cônico, de tamanho médio e firmes. As plantas têm altura média de 1,50 e 2,10m, sendo muito vigorosas, eretas e com facilidade de perfilhamento (Raseira et al., 2004). A cultivar Heritage é uma das principais cultivares utilizadas no mundo, tendo recebido o prêmio de Outstanding Fruit Cultivar Award, em 2004, pela American Society of Horticultural Sciences (ASHS), por ter sido considerada, por vários anos, a mais cultivada mundialmente (Oliveira et al., 2007; Volk et al., 2013).

### **‘Golden Bliss’**

A ‘Golden Bliss’ é uma cultivar remontante de frutos amarelos, derivada da mutação da cultivar Autumn Bliss, cultivar esta que possui o gene recessivo *i*, responsável pela coloração clara dos frutos (Hall et al., 2009). A ‘Autumn Bliss’ foi desenvolvida pelo centro de pesquisa East Malling Research (EMR), no Reino Unido, em 1984, sendo oriunda de cruzamentos de híbridos complexos desenvolvidos pelo próprio ERM, onde o parental feminino apresentava ancestralidade de *Rubus arcticus*, *R. occidentalis* e cultivares Lloyd George, Norfolk Giant, Pynes Royal, Malling Landmark, Malling Promise e Burnetholm, e já o parental masculino era oriundo de uma seleção de *Rubus idaeus* var. *strigosus* (Keep, 1987; Weber, 2013).

Existem poucas informações na literatura sobre esta cultivar, visto que normalmente os frutos de coloração amarela são menos atrativos comercialmente. Segundo Moura (2012), no Brasil, seu cultivo é realizado na região da Serra da Mantiqueira, onde os frutos são bem aceitos. Além disso, há estudos sobre o ciclo de produção desta cultivar em Minas Gerais (Maro et al., 2012), de seus compostos bioativos, antioxidantes e minerais (Maro et al., 2013) e sobre o estabelecimento de protocolos de meio de cultura para propagação *in vitro* desta cultivar na região de Pelotas, no Rio Grande do Sul (Fagundes et al., 2017).

### **‘Salmon’**

A ‘Salmon’ é uma cultivar remontante com frutos de coloração alaranjada, possivelmente é uma mutação natural da ‘Heritage’, visto que possui características muito semelhantes a esta cultivar. Acredita-se ter sido selecionada na região de Campos do Jordão, São Paulo, Brasil. Não há relatos da cultivar na literatura. É utilizada principalmente na região de São Paulo e Minas Gerais.

### **‘Frutopia C5’**

‘Frutopia C5’ é um acesso proveniente de germinação de semente por polinização aberta, realizado pelo Viveiro Frutopia, em São Bento do Sapucaí, SP. Apresenta boa produtividade e possui frutos de coloração vermelha de tamanho e massa maiores quando comparados com frutos de cultivares comerciais utilizadas no Brasil.

## **2.5. Melhoramento de framboeseiras**

As framboeseiras têm seus primeiros relatos pelos gregos em 370 a. C. (Hall et al., 2009). Em 45 d. C., o naturalista romano Plínio, o Velho, escreveu sobre o costume do povo da cidade de Tróia na colheita de “frutas de Ida”, na base do Monte Ida, atualmente na Turquia, motivo este relacionado ao nome científico da espécie da framboeseira vermelha, nomeada pelo botânico Lineu, ser *Rubus idaeus* L. (Foster et al., 2019; Hummer e Janick, 2007). A domesticação da framboeseira tem como primeiro relato a descrição por Palladius, agricultor e escritor romano do século IV, alegando ter descoberto sementes nos fortes romanos da Grã Bretanha. Provavelmente, os soldados romanos, a partir dali, espalharam o cultivo por toda a Europa (Graham et al., 2007). Em 1147, as framboesas já eram consumidas na Rússia (Zhukovskii, 1964; Hummer e Hall, 2013) e por meio das trocas humanas ao longo da Rota da Seda, foram identificadas espécies nativas de *Rubus*, oriundas da Europa, na Índia (Hummer e Hall, 2013).

A popularização do consumo da framboesa levou aos primeiros fluxos comerciais da Europa para as colônias americanas, em 1700, possivelmente uma ou mais seleções de framboeseiras europeias passaram a ser cultivadas na América (Darrow, 1937). As framboesas vermelhas europeias, identificadas como *Rubus idaeus* var. *vulgatus* Arrhen., foram cruzadas com framboesas vermelhas americanas,

*Rubus idaeus* var. *strigosus* Michx. A subespécie americana apresentava canas mais firmes, finas, altas e mais eretas, os frutos eram geralmente redondos, maiores e raramente cônicos, como os da *Rubus idaeus* var. *vulgatus* (Daubeny, 1983, Hall et al., 2009).

Em 1771, já havia relatos das primeiras vendas de framboesas em Nova York, com a publicação, em 1832, de um manual pomológico, que trazia a descrição de 20 cultivares (Hummer e Hall, 2013). Em 1853, a American Pomological Society reconhecia quatro cultivares de framboesas vermelhas para cultivo, e em 1891, esse número apresentou um salto de 14 cultivares europeias e seis americanas. As framboesas europeias mostraram-se menos adaptáveis às condições climáticas norte-americanas, ocorrendo os primeiros processos de melhoramento (Hummer e Hall, 2013).

Em 1865, foi desenvolvida a cultivar Cuthbert, provavelmente resultado do cruzamento das subespécies americana e europeia. A 'Cuthbert' permanece, até os dias atuais, como um importante cultivar no fornecimento de características para cruzamentos. Em 1919, a cultivar Lloyd George oriunda do Reino Unido e introduzida em 1943 nos EUA em Puyallup, Washington, tornou-se um parental potencial, sendo amplamente utilizada por melhoristas época (Jennings, 1988). Segundo Hall et al. (2009) a 'Lloyd George' apresentava características úteis que abrangiam qualidade, rendimento e resistência ao *Amphorophora agathonica* vetor do vírus do mosaico da framboesa, muito comum nos EUA.

Cinco cultivares parentais dominam a ancestralidade da framboesa vermelha: 'Lloyd George' e 'Pynes Royal' inteiramente derivados de *Rubus idaeus* var. *vulgatus*; 'Preussen', 'Cuthbert' e 'Newburgh' com origem de ambas as subespécies (Graham e Woodhead, 2009). Embora o melhoramento tenha permitido um progresso acelerado em relação à fixação de características, o número reduzido de parentais prejudicou o futuro do melhoramento de framboeseiras, ao reduzir a diversidade e elevar a quantidade de endogamia no pool genético. De fato, Gordon et al. (2006) reafirmam que a domesticação da framboesa vermelha reduziu claramente a sua diversidade genética e morfológica. Dale et al. (1989) reforçam esse argumento a partir de uma avaliação de base genética. Os autores demonstraram que as framboesas modernas eram descendentes de apenas 25 ancestrais fundadores ou até menos, uma vez que poderia existir relação entre esses ancestrais desde a sua origem.

Com o desenvolvimento do melhoramento, outras espécies foram utilizadas para adição de novos genes que trouxessem características positivas em relação a produtividade, resistência a doenças e adaptações às condições edafoclimáticas. Entre estas espécies estão seis do subgênero *Idaeobatus* (*Rubus occidentalis*, *R. cockburnianus*, *R. biflorus*, *R. kuntzeanus*, *R. parvifolius* e *R. pungens*), duas espécies de *Cylactis* (*R. arcticus* e *R. stellatus*) e uma espécie de *Anoplobatus* (*R. odoratus*) (Daubeny, 1996; Raseira et al., 2004).

Os objetivos de programas de melhoramento são pautados em desenvolver cultivares altamente produtivas com frutos de maior qualidade que atendam tanto o mercado de fruta fresca quanto para processamento, além aumentar a resistência das cultivares a pragas e doenças. Com um crescimento das exigências do mercado consumidor relativas à qualidade dos frutos e menor uso de defensivos químicos, a resistência a doenças é um objetivo que adquire maior importância nos programas de melhoramento (Hall e Kempler, 2011). As mudanças climáticas podem afetar negativamente os locais de cultivo de framboeseiras e este aspecto deve ser levado em conta no melhoramento, visando a obtenção de cultivares mais adaptadas a regiões de clima subtropical e tropical (Molina-Bravo et al., 2011, Graham et al., 2015). O melhoramento do gênero *Rubus*, em geral, enfrenta vários problemas genéticos como poliploidia, apomixia, incompatibilidade de pólen e baixa germinação de sementes. Devido ao alto nível de heterozigose dos germoplasmas, muitas vezes são necessárias grandes populações de híbridos (Graham e Jennings, 2009).

As estratégias para manter ou iniciar um programa de melhoramento de framboeseiras são descritas por Hall et al. (2009), em oito tópicos: identificar e selecionar fenótipos superiores disponíveis em banco de germoplasma; avaliar as melhores seleções em condições ótimas de campo e identificar restrições de produção para a região de estudo; desenvolver melhores práticas de manejo para maximizar a produção das seleções; realizar hibridações entre as seleções que apresentem maior potencial comercial e introduzir outros materiais de banco de germoplasma para aumentar a variabilidade; selecionar híbridos superiores para serem utilizados como novas seleções e repetir o processo anterior indefinidamente, para lançar cultivares; estabelecer um protocolo de avaliação e triagem de fenótipos elite para diminuir o tempo seleção e lançamento de novas cultivares; estabelecer um protocolo de acesso e manutenção de matrizes com plantas saudáveis para propagação de mudas; e produzir

relatórios com a correta identificação para proteger novas cultivares e patenteá-las a fim de gerar receitas para manter o programa.





### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Caracterização da área de estudo**

Os experimentos foram realizados de 2017 a 2021, no Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Universidade de São Paulo, em Piracicaba, SP (22°42'28,06"S; 47°37'47,415"O, altitude de 549 m) em clima Cwa, segundo classificação de Köppen-Geiger (1928) e em área experimental no Viveiro Frutopia, em São Bento do Sapucaí, SP (22°37'31,25"S; 45°34'56,93"O, altitude de 1592 m), em clima Cwb.

#### **3.2. Material vegetal**

Para a condução dos experimentos foram utilizadas as cultivares de framboesiras vermelhas ‘Heritage’, ‘Salmon’ e ‘Golden Bliss’, como parentais femininos, e o acesso ‘Frutopia C5’ como parental masculino. As plantas foram mantidas em casa de vegetação com cobertura plástica no viveiro Frutopia, em São Bento do Sapucaí, SP, em vasos de 30 litros contendo substrato misto de fibra de coco (Golden Mix Misto 98, Amafibra) e turfa (Jiffy TPS, Jiffy Group) na proporção 1:1. O suprimento de todos os nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas foi fornecido via fertirrigação por gotejamento.

#### **3.3. Híbridagens**

As híbridagens foram conduzidas em São Bento do Sapucaí, SP, no período de floração entre dezembro de 2017 e janeiro de 2018, seguindo protocolo de híbridagem descrito por Hall et al. (2009). Cinco plantas de cada parental foram selecionadas e mantidas em área de cultivo protegido. Foram realizadas diversas híbridagens para três cruzamentos, identificados com primeira letra do parental feminino e a primeira letra do masculino: ‘Heritage’ x ‘Frutopia C5’ (HF); ‘Salmon’ x ‘Frutopia C5’ (SF); e ‘Golden Bliss’ x ‘Frutopia C5’ (GF).

Em plantas dos parentais femininos foi efetuado o processo de emasculação de botões florais selecionados, quando estes se encontravam completamente fechados (Figura 1B). Antes e após cada emasculação, uma pinça de metal e as mãos do técnico foram esterilizadas com álcool 70%, para evitar contaminação (Figura 1A). A emasculação foi realizada por um corte na base dos botões, utilizando pinça de metal. Neste processo foram retiradas as sépalas, pétalas e estames, deixando os

pistilos intactos junto ao receptáculo (Figura 1C-E). Após a emasculação as flores foram recobertas por sacos de tecido não tecido (TNT) para evitar a polinização não desejada (Figura 1F). Após 48 horas de realização da emasculação, quando o estigma se apresentava receptivo, foi retirado o saco de TNT e foi realizada a polinização com o pólen designado de cada parental masculino (Figura 1G). O pólen em plantas de parentais masculinos foi coletado quando os botões florais completamente fechados foram protegidos com sacos de papel manteiga no mesmo dia em que se realizou a emasculação nas plantas de parentais femininos. Após a polinização, as flores foram novamente protegidas com o saco de TNT, repetindo o processo em um intervalo de dois dias até que o estigma e o estilo apresentassem coloração marrom, quando não estão mais receptivos. Ao fim do processo, o saco de TNT foi substituído por um saco de Organza para evitar acúmulo de umidade e como proteção até a maturação do fruto (Figura 1H-I). Foram realizadas polinizações de 15 flores do parental feminino por cruzamento.

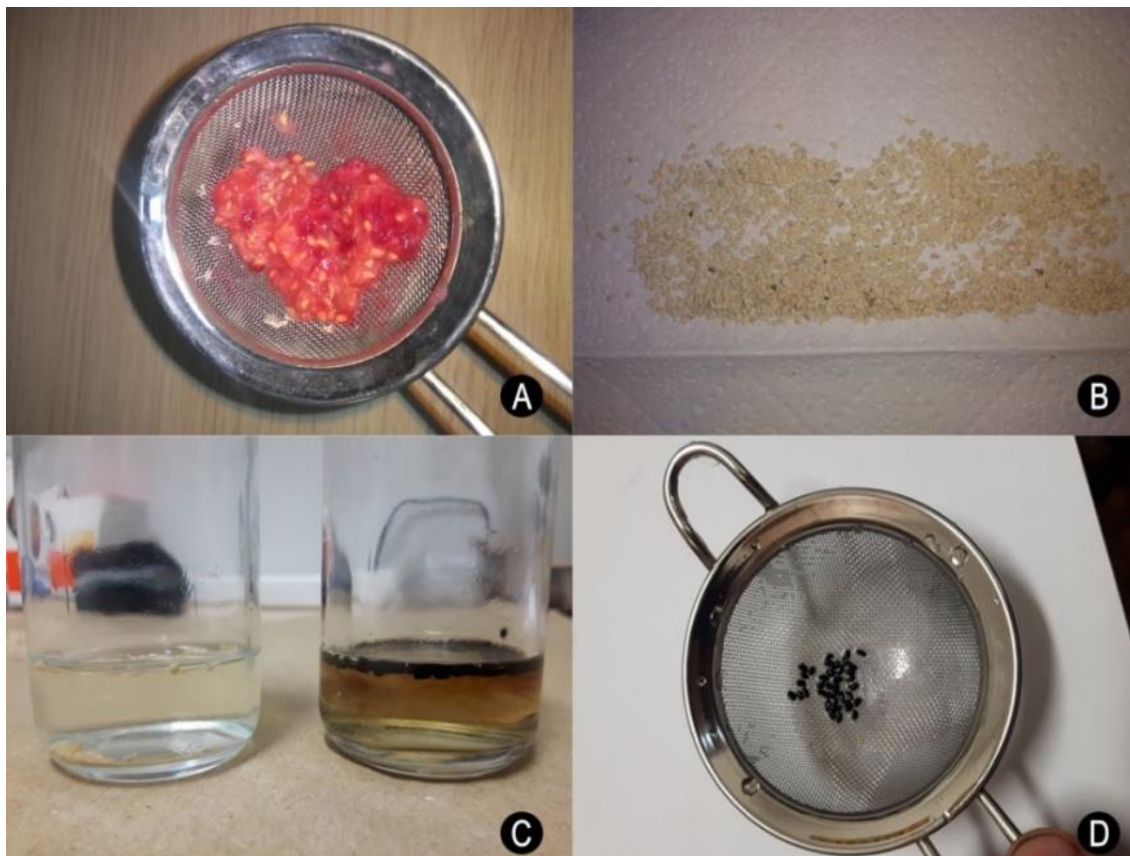


**Figura 1.** Esterilização de pinça de metal em álcool 70% (A); Estádio de botão floral ideal para emasculação (B); Retirada de sépalos e pétalas (C); Retirada de estames (D); Pistilos intactos junto ao receptáculo (E); Flor emasculada recoberta com saco de tecido (F); Polinização com flor de parental masculino (G); Crescimento dos frutos (H); Proteção dos frutos com saco de tecido não tecido (I).

### **3.4. Coleta e escarificação de sementes**

Após a maturação dos frutos oriundos dos cruzamentos, estes foram colhidos e agrupados em conjuntos de cruzamentos e armazenados em refrigerador. Todos os processos subsequentes, após a coleta dos frutos, foram realizados nas dependências do Departamento de Produção Vegetal da ESALQ, em Piracicaba, SP. Os frutos foram despulpados por lavagem em água corrente com o auxílio de uma peneira de aço, e utilizando cal hidratada para facilitar o desprendimento da polpa do endocarpo (Figura 2A). Após o total despulpamento, as sementes viáveis foram colocadas sobre papel toalha para secagem em temperatura ambiente por 24 horas (Figura 2B). Após a secagem das sementes, foi realizado o processo de escarificação utilizando ácido sulfúrico (Contreras et al., 2015).

Foram utilizadas cerca de 300 sementes de cada cruzamento colocadas em tubos de ensaio com ácido sulfúrico concentrado a 98% por 15 minutos (Figura 2C). Após o tratamento, as sementes foram lavadas em água corrente por 10 minutos em uma peneira de aço e pressionadas contra a tela da peneira para a retirada de fragmentos do endocarpo carbonizado (Figura 2D). Após serem lavadas as sementes foram depositadas e mantidas por 24 horas em um recipiente de vidro contendo hipoclorito de sódio comercial, diluído em água na proporção 1:20, sendo posteriormente lavadas em água corrente.



**Figura 2.** Despulpamento e retirada de sementes (A); Secagem de sementes (B); Escarificação com ácido sulfúrico (C); Lavagem de sementes para retirada do endocarpo carbonizado (D).

### 3.5. Estratificação e germinação de sementes

Após o processo de escarificação, as sementes foram depositadas em sacos plásticos herméticos contendo substrato turfa e perlita úmidas (1:1) e permaneceram em refrigerador (4° C) por oito semanas (Figura 3A-B). Após esse período, as sementes, juntamente com o substrato, foram colocadas superficialmente em bandejas de semeadura contendo o mesmo substrato de turfa e perlita e foram mantidas em casa de vegetação a temperatura de 25° C, de maneira a preservar a umidade (Figura 3C). As sementes germinadas foram transplantadas para *paper-pots* contendo substrato de turfa e mantidas em casa de vegetação no Departamento de Produção Vegetal da ESALQ (Figura 3D-F). Após o crescimento inicial, as plantas foram transferidas dos *paper-pots* para vasos flexíveis de 0,8 litros contendo substrato misto de fibra de coco e turfa na proporção 1:1, e mantidas em casa de vegetação no Departamento de Produção Vegetal da ESALQ.





**Figura 3.** Estratificação de sementes em sacos plásticos herméticos contendo turfa e perlita úmidas (A); Frio úmido (4°C) por oito semanas (B); Plantio em bandejas com substrato (C); Transplântio para *paper-pots* individuais (D); Crescimento das mudas (E); Muda pronta para transplântio em vaso maior (F).

### 3.6. Seleção de híbridos de framboeseiras por características agrônômicas

#### 3.6.1 Avaliação inicial (ciclo de produção 2018-2019)

Foram obtidos um total de 240 híbridos, sendo 80 de cada cruzamento. Cada híbrido recebeu um código relacionado aos parentais, sendo: HF-001 a HF-080 para o cruzamento ‘Heritage’ x ‘Frutopia C5’; SF-081 a SF-160 para ‘Salmon’ x ‘Frutopia C5’; e GF-161 a GF-240 para ‘Golden Bliss’ x ‘Frutopia C5’. O código de marcação dos híbridos permaneceu por todo o período de estudo.

Após a formação das mudas, todos os híbridos foram transplantados, no início de setembro de 2018, para vasos de 11 litros contendo substrato misto de fibra de

coco e turfa na proporção 1:1, com fertirrigação e mantidas sob túneis altos em área experimental localizada no Viveiro Frutopia, em São Bento do Sapucaí, SP. Os vasos foram distribuídos sob os túneis altos utilizando o delineamento experimental de Blocos Aumentados (DBA), com seis blocos, sendo cada bloco com 40 híbridos diferentes, distribuídos ao acaso. Foi conduzida apenas uma haste por híbrido, em sistema de condução com dois pares de arames paralelos. Foram colhidos apenas os frutos produzidos pelas gemas terminais da cana e lançamentos laterais espontâneos, não tendo sido realizada poda para produção tardia.

Foram avaliados os parâmetros de crescimento vegetativo (altura e diâmetro da haste), tempo desde o plantio até o início da colheita (dias), período total de colheita (dias), produção total (g/planta), número total de frutos por planta e massa média de 5 frutos por planta, com o objetivo de realizar uma seleção inicial de materiais com maior potencial.

### **3.6.2 Avaliação de segundo ano (ciclo de produção 2019-2020)**

Após avaliação dos dados do ciclo anterior, foram selecionados 80 híbridos de maior potencial, sendo 30 do cruzamento controlado HF, 23 do cruzamento SF e 27 do cruzamento GF. Os híbridos foram podados e os vasos transferidos para casa de vegetação localizada no Departamento de Produção Vegetal em Piracicaba, SP, no início de setembro de 2019, onde foram dispostos com delineamento experimental de Blocos Aumentados (DBA) em cinco blocos, com vasos iguais aos utilizados anteriormente, totalizando 80 vasos, 16 plantas por bloco, distribuídos ao acaso. Foram conduzidas duas hastes por planta, em sistema de condução com um arame superior e amarrão das hastes com fitilho. Foram colhidos apenas os frutos produzidos pelas gemas terminais da cana e dos lançamentos laterais espontâneos, não tendo sido realizada poda para produção tardia.

Foram avaliados os parâmetros de crescimento vegetativo (altura e diâmetro das hastes), tempo desde o plantio até o início da colheita (dias), período total de colheita (dias), produção total (g/planta), número total de frutos por planta e carpometria (diâmetro longitudinal, diâmetro transversal, massa média de 10 frutos por planta, com três repetições). Também foram avaliados os teores de sólidos solúveis totais (SST) por refratômetro digital modelo Palette 101 (Atago, Tóquio, Japão), expresso em °Brix, a acidez titulável (AT), por meio de titulador automático modelo 848 Titrino Plus (Metrohm, Herisau, Suíça), expressos em porcentagem de

ácido cítrico, em quatro repetições de dez frutos para cada híbrido. Foi quantificado o teor de antocianinas, por extratos obtidos a partir de 20 miligramas de framboesas liofilizadas e 10 mL da solução extratora (85% de etanol P.A. e 15% de HCl 1,5 N) e seguidos com o método espectrofotométrico de Lees e Francis (1972). As leituras de absorvância foram realizadas com espectrofotômetro modelo Libra S22 (Biochrom, Cambridge, Inglaterra) a 535 nanômetros. Para colorimetria dos frutos, utilizou-se o colorímetro Konica Minolta, modelo CR-400 (Konica Minolta, Japão), com quatro repetições com dez frutos por repetição. Os resultados foram calculados baseados nos parâmetros L, a\*, b\* e expressos em luminosidade (claro e escuro), cromaticidade (intensidade) e ângulo Hue (tonalidade).

### **3.6.3 Avaliação de híbridos superiores (ciclo de produção 2020-2021)**

Após avaliação dos dados do ciclo anterior, foram selecionados 15 híbridos de maior potencial, sendo seis do cruzamento HF, quatro do cruzamento SF e cinco do cruzamento GF. Os híbridos foram podados e transferidos para área experimental localizada no Viveiro Frutopia, em São Bento do Sapucaí, SP, onde realizou-se a multiplicação de cada híbrido pela propagação por brotos estiolados de raízes. Cinco clones de cada híbrido e de cada parental ('Heritage', 'Salmon', 'Golden Bliss' e 'Frutopia C5') foram dispostos, no início de outubro de 2020, em três blocos de forma aleatória, totalizando 95 vasos, em delineamento experimental de Blocos Aumentados (DBA), sendo dois blocos com 32 plantas e um com 31 plantas. Foram colhidos apenas os frutos produzidos pelas gemas terminais da cana e lançamentos laterais espontâneos, não tendo sido realizada poda para produção tardia.

Foram avaliados os parâmetros de crescimento vegetativo (altura e diâmetro das hastes), tempo desde o plantio até o início da colheita (dias), período total de colheita (dias), produção total (g/planta), número total de frutos por planta, carpometria (diâmetro médio, altura média, massa média individual, de 10 frutos por planta) e teor de sólidos solúveis totais (SST), expressos em graus Brix, com o uso de refratômetro analógico IPB-82T (IMPAC, São Paulo, Brasil). A massa dos frutos foi determinada em balança analítica modelo AG 200 (Gehaka, São Paulo, Brasil) imediatamente após as colheitas.



### **3.7 Análise estatística**

Foi utilizada a análise multivariada por componentes principais (ACP), que representa grandes conjuntos de dados multidimensionais em um número limitado de dimensões visualmente interpretáveis, buscando obter uma visão geral dos dados que revele grupos de observações, tendências e discrepâncias, revelando também as relações entre as observações e variáveis e entre as próprias variáveis (Eriksson et al., 2013; Gevrenova et al, 2013). As análises de componentes principais foram realizadas utilizando o software PAST 4.03 (Hammer et al., 2001). Foram também realizadas análises de variância (ANOVA) para testes de média em variáveis com repetições, por meio do teste de Scott-Knott à 5% de probabilidade, utilizando o software Sisvar 5.6 (Ferreira, 2011).

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Avaliação inicial (ciclo de produção 2018-2019)

#### 4.1.1 Cruzamento 'Heritage' x 'Frutopia C5'

Dos 80 híbridos do cruzamento HF que foram a campo no dia 01/09/2018, 50 híbridos frutificaram (62,5%), 17 apresentaram apenas desenvolvimento vegetativo (21,25%) e 13 não se desenvolveram (16,25%). O primeiro híbrido a frutificar (HF-032) teve seus primeiros frutos colhidos no dia 14/01/2019, 135 dias após o plantio. O híbrido HF-005 teve a produção mais tardia, com seus primeiros frutos colhidos 212 dias após o plantio. Dos 50 híbridos, 40 apresentaram frutos de coloração vermelha (80%) e 10 de coloração amarela (20%).

Entre os híbridos que produziram frutos, ocorreu uma grande variabilidade para as variáveis analisadas (Tabela 1). As variáveis 'plantio até colheita' e 'diâmetro do caule' foram as mais homogêneas entre os híbridos. Por outro lado, a 'duração da colheita' e o 'número de frutos' apresentaram a maior variação, indicando parâmetros que se distinguiram bastante entre o conjunto de plantas.

**Tabela 1.** Valores mínimos, máximos, médios, erro padrão e coeficiente de variação para as variáveis de produção de 50 híbridos obtidos pelo cruzamento controlado entre framboesiras 'Heritage' e 'Frutopia C5', para o primeiro ciclo produtivo (2018-2019).

|           | Prod. Total (g) | Núm. frutos | Massa fruto (g) | Plantio colheita (dias) | Duração colheita (dias) | Altura planta (m) | Diâmetro caule (mm) |
|-----------|-----------------|-------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------|---------------------|
| Mín.      | 23,00           | 3,00        | 2,73            | 135,00                  | 1,00                    | 0,81              | 7,40                |
| Máx.      | 279,40          | 99,00       | 7,35            | 212,00                  | 77,00                   | 2,53              | 13,60               |
| Média     | 89,13           | 21,92       | 4,35            | 179,42                  | 23,50                   | 1,65              | 10,18               |
| Erro pad. | 8,29            | 2,32        | 0,16            | 2,63                    | 2,66                    | 0,06              | 0,21                |
| CV (%)    | 65,80           | 74,83       | 26,13           | 10,35                   | 80,16                   | 23,94             | 14,71               |

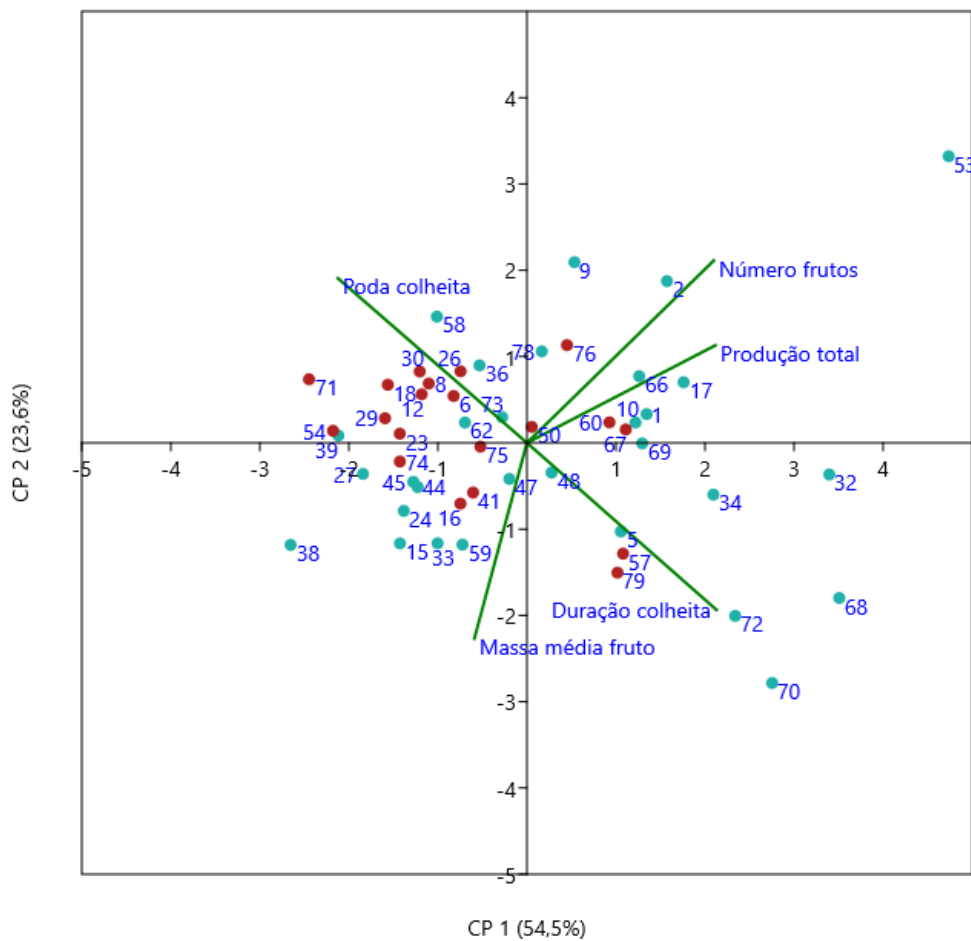
As análises de componentes principais mostraram que os dois primeiros componentes foram responsáveis por captar cerca de 78,1% da variação total dos dados, sendo 54,4% para componente principal 1 (CP1) e 23,6% para componente principal 2 (CP2). Não foram adicionadas as variáveis 'altura da planta' e 'diâmetro do caule'. Segundo Haffner et al. (2002), variáveis que descrevem mais de 40% da variação, são consideradas como as mais importantes para cada componente principal. As variáveis que apresentaram maior poder discriminatório no CP1, em ordem decrescente, foram: 'duração da colheita' (0,50), 'produção total' (0,49), 'número de frutos' (0,49), 'massa média do fruto' (-0,13) e 'período de plantio até colheita' (-0,47) (Tabela 2). Para CP2, apresentaram maior poder discriminatório, em

ordem decrescente: ‘número de frutos’ (0,49), ‘período de plantio até a colheita’ (0,45), ‘produção total’ (0,26), ‘duração da colheita’ (-0,45) e ‘massa média do fruto’ (-0,53). Conforme Tobar-Tosse et al. (2015), variáveis com mesmo sinal atuam de forma direta, ou seja, quando há aumento de uma variável, conseqüentemente há aumento de outra. Da mesma forma, a relação inversa ocorre com variáveis de sinais contrários, ou seja, quando o valor de uma variável aumenta, o valor da outra diminui.

**Tabela 2.** Componentes principais CP1 e CP2 para cada variável de produção de frutos de híbridos obtidos pelo cruzamento controlado entre framboeseiras ‘Heritage’ e ‘Frutopia C5’, para o primeiro ciclo produtivo (2018-2019).

| Variáveis                   | CP 1     | CP 2     |
|-----------------------------|----------|----------|
| Produção total (g)          | 0,49509  | 0,26430  |
| Número de frutos            | 0,49109  | 0,49445  |
| Massa média fruto (g)       | -0,13826 | -0,53066 |
| Plantio até colheita (dias) | -0,49667 | 0,44617  |
| Duração colheita (dias)     | 0,49792  | -0,45278 |

Pela análise de componentes principais (ACP), pode-se visualizar os contrastes entre os indivíduos obtidos do cruzamento entre a cultivar Heritage e o acesso Frutopia C5 (Figura 4). Os pontos de coloração verde representam híbridos selecionados.



**Figura 4.** Análise de componentes principais dos híbridos obtidos pelo cruzamento controlado de framboeseiras 'Heritage' e 'Frutopia C5', para o primeiro ciclo produtivo (2018-2019). Pontos de coloração verde representam híbridos selecionados.

Para a CP1, as variáveis que apresentaram correlações positivas agrupam os híbridos localizados à direita e a correlação negativa à esquerda (Figura 4). Assim como para CP2, a parte superior do gráfico contém as variáveis de correlação positiva e a parte inferior as variáveis de correlação negativa. Desta forma, buscou-se selecionar híbridos que apresentassem características de interesse relacionadas à 'produção total' e 'número de frutos', características estas relacionadas às variáveis de correlação positiva na CP1, além da característica de 'massa média do fruto', que possui correlação negativa para CP1. A grande maioria dos híbridos não selecionados está à esquerda do gráfico, principalmente no segundo quadrante, ainda que possa haver híbridos que foram selecionados, que também se encontram na mesma área, já que as seleções também levaram em consideração o aspecto visual dos frutos. Desta forma, alguns híbridos que apresentaram melhores atributos para produção total e número de frutos, foram preteridos em relação a outros híbridos.

Do universo de 50 híbridos avaliados, foram selecionados 30 híbridos, com base nas características para 'produção total', 'número de frutos' e 'massa média do fruto' (Tabela 3).

**Tabela 3.** Híbridos selecionados do cruzamento controlado entre framboeseiras 'Heritage' e 'Frutopia C5', para o primeiro ciclo produtivo (2018-2019).

| Híbrido | Prod. Total (g) | Número frutos | Massa média fruto (g) | Híbrido | Prod. Total (g) | Número frutos | Massa média fruto (g) |
|---------|-----------------|---------------|-----------------------|---------|-----------------|---------------|-----------------------|
| HF-001  | 117,2           | 34            | 3,5                   | HF-044  | 62,7            | 11            | 5,5                   |
| HF-002  | 142,7           | 52            | 2,8                   | HF-045  | 89,1            | 18            | 5,0                   |
| HF-005  | 108,7           | 22            | 4,9                   | HF-047  | 86,7            | 20            | 4,3                   |
| HF-009  | 120,2           | 44            | 2,7                   | HF-048  | 279,4           | 99            | 2,8                   |
| HF-010  | 158,0           | 34            | 4,7                   | HF-053  | 85,9            | 24            | 3,5                   |
| HF-015  | 32,8            | 6             | 5,9                   | HF-058  | 65,3            | 11            | 6,0                   |
| HF-017  | 191,3           | 42            | 4,5                   | HF-059  | 93,4            | 19            | 4,8                   |
| HF-024  | 100,9           | 14            | 7,4                   | HF-062  | 230,1           | 40            | 5,8                   |
| HF-027  | 39,1            | 7             | 5,3                   | HF-066  | 157,1           | 34            | 4,6                   |
| HF-032  | 206,9           | 46            | 4,5                   | HF-068  | 228,1           | 35            | 6,6                   |
| HF-033  | 38,4            | 7             | 5,4                   | HF-069  | 125,2           | 22            | 5,6                   |
| HF-034  | 100,6           | 31            | 3,3                   | HF-070  | 94,2            | 22            | 4,3                   |
| HF-036  | 80,1            | 23            | 3,6                   | HF-072  | 88,6            | 21            | 4,2                   |
| HF-038  | 23,0            | 3             | 7,3                   | HF-073  | 95,2            | 30            | 3,2                   |
| HF-039  | 34,6            | 7             | 4,9                   | HF-078  | 62,7            | 11            | 5,5                   |

#### 4.1.2 Cruzamento 'Salmon' x 'Frutopia C5'

Dos 80 híbridos do cruzamento SF que foram a campo no dia 01/09/2018, 47 híbridos frutificaram (58,75%), 16 apresentaram apenas desenvolvimento vegetativo (20%) e 17 não se desenvolveram (21,25%). O primeiro híbrido a frutificar (SF-091) teve seus primeiros frutos colhidos no dia 02/02/2019, 154 dias após o plantio. O híbrido com produção mais tardia foi a SF-096, com seus primeiros frutos colhidos 212 dias após o plantio. Assim como citado para o cruzamento anterior, muitos híbridos apresentaram baixa produção, com poucos frutos por planta, possivelmente por juvenilidade. Dos 47 híbridos, 31 apresentaram frutos de coloração vermelha (65,96%) e 16 de coloração amarela (34,04%). Entre os híbridos que produziram, ocorreu uma grande variabilidade para as variáveis analisadas (Tabela 4).

**Tabela 4.** Valores mínimos, máximos, médios, erro padrão e coeficiente de variação para as variáveis de produção de 47 híbridos obtidos pelo cruzamento controlado entre framboeseiras ‘Salmon’ e ‘Frutopia C5’, para o primeiro ciclo produtivo (2018-2019).

|           | Prod. Total (g) | Núm. frutos | Massa fruto (g) | Plantio colheita (dias) | Duração colheita (dias) | Altura planta (m) | Diâmetro caule (mm) |
|-----------|-----------------|-------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------|---------------------|
| Mín.      | 3,80            | 1,00        | 2,15            | 154,00                  | 1,00                    | 0,93              | 6,40                |
| Máx.      | 315,20          | 67,00       | 6,53            | 200,00                  | 46,00                   | 2,30              | 13,50               |
| Média     | 88,90           | 22,50       | 3,96            | 181,00                  | 18,80                   | 1,55              | 9,87                |
| Erro pad. | 9,40            | 2,30        | 0,14            | 2,00                    | 1,60                    | 0,05              | 0,24                |
| CV (%)    | 72,90           | 71,30       | 25,90           | 8,00                    | 58,20                   | 23,40             | 16,60               |

Para a análise de componentes principais, não foram adicionadas as variáveis ‘altura da planta’ e ‘diâmetro do caule’. A ACP mostrou que os dois primeiros componentes foram responsáveis por captar cerca de 77,8% da variação total dos dados, sendo 55,3% para componente principal 1 (CP1) e 22,5% para componente principal 2 (CP2). As variáveis que apresentaram maior poder discriminatório no CP1, em ordem decrescente, foram: ‘produção total’ (0,53), ‘duração da colheita’ (0,50), ‘número de frutos’ (0,48), ‘massa média do fruto’ (0,21) e ‘período de plantio até colheita’ (-0,42). Para CP2, apresentaram maior poder discriminatório, em ordem decrescente: ‘número de frutos’ (0,54), ‘período de plantio até a colheita’ (0,43), ‘produção total’ (0,27), ‘duração da colheita’ (-0,16) e ‘massa média do fruto’ (-0,65) (Tabela 5).

**Tabela 5.** Componentes principais CP1 e CP2 para cada variável de produção de frutos de híbridos obtidos pelo cruzamento controlado entre framboeseiras ‘Salmon’ e ‘Frutopia C5’, para o primeiro ciclo produtivo (2018-2019).

| Variáveis                   | CP1      | CP2      |
|-----------------------------|----------|----------|
| Produção total (g)          | 0,53453  | 0,26697  |
| Número de frutos            | 0,48199  | 0,54006  |
| Massa média fruto (g)       | 0,21482  | -0,65482 |
| Plantio até colheita (dias) | -0,42470 | 0,42744  |
| Duração colheita (dias)     | 0,50542  | -0,15989 |

Pela análise de componentes principais (ACP), pode-se visualizar os contrastes entre os indivíduos obtidos do cruzamento entre a cultivar Salmon e o acesso Frutopia C5 (Figura 5).



**Tabela 6.** Híbridos selecionados do cruzamento entre framboeseiras ‘Salmon’ e ‘Frutopia C5’, para o primeiro ciclo produtivo (2018-2019).

| Híbrido | Prod. Total (g) | Número frutos | Massa média fruto (g) | Híbrido | Prod. Total (g) | Número frutos | Massa média fruto (g) |
|---------|-----------------|---------------|-----------------------|---------|-----------------|---------------|-----------------------|
| SF-081  | 69,5            | 12            | 5,6                   | SF-123  | 148,3           | 38            | 3,9                   |
| SF-084  | 104,3           | 35            | 3,0                   | SF-128  | 89,6            | 31            | 2,9                   |
| SF-085  | 185,0           | 35            | 5,2                   | SF-129  | 80,5            | 18            | 4,5                   |
| SF-094  | 208,9           | 56            | 3,7                   | SF-132  | 140,6           | 29            | 4,8                   |
| SF-096  | 156,1           | 24            | 6,5                   | SF-133  | 97,1            | 23            | 4,2                   |
| SF-097  | 157,4           | 35            | 4,5                   | SF-139  | 94,6            | 24            | 4,0                   |
| SF-105  | 112,1           | 20            | 5,7                   | SF-141  | 79,0            | 16            | 4,8                   |
| SF-110  | 140,1           | 33            | 4,2                   | SF-143  | 315,2           | 64            | 4,9                   |
| SF-115  | 90,2            | 18            | 5,0                   | SF-147  | 74,9            | 12            | 6,3                   |
| SF-116  | 122,8           | 28            | 4,4                   | SF-153  | 81,5            | 25            | 3,2                   |
| SF-118  | 93,7            | 32            | 2,9                   | SF-160  | 231,1           | 67            | 3,4                   |
| SF-121  | 160,9           | 28            | 5,7                   |         |                 |               |                       |

#### 4.1.3 Cruzamento ‘Golden Bliss’ x ‘Frutopia C5’

Dos 80 híbridos do cruzamento GF que foram a campo no dia 01/09/2018, 47 híbridos frutificaram (58,75%), 23 apresentaram apenas desenvolvimento vegetativo (28,75%) e 10 não se desenvolveram (12,5%). O primeiro híbrido a frutificar (GF-195) teve seus primeiros frutos colhidos no dia 14/01/2019, 135 dias após o plantio. O híbrido com produção mais tardia foi GF-213, com seus primeiros frutos colhidos 212 dias após o plantio. Dos 47 híbridos, 32 apresentaram frutos de coloração vermelha (68,09%) e 15 de coloração amarela (31,91%). Entre os híbridos que produziram ocorreu uma grande variabilidade para as variáveis analisadas (Tabela 7).

**Tabela 7.** Valores mínimos, máximos, médios, erro padrão e coeficiente de variação para as variáveis de produção de 47 híbridos obtidos pelo cruzamento entre framboeseiras ‘Golden Bliss’ e ‘Frutopia C5’, para o primeiro ciclo produtivo (2018-2019).

|           | Prod. Total (g) | Núm. frutos | Massa fruto (g) | Plantio à colheita (dias) | Duração colheita (dias) | Altura planta (m) | Diâmetro caule (mm) |
|-----------|-----------------|-------------|-----------------|---------------------------|-------------------------|-------------------|---------------------|
| Mín.      | 6,60            | 2,00        | 2,50            | 135,00                    | 1,00                    | 0,98              | 7,50                |
| Máx.      | 260,70          | 54,00       | 6,17            | 212,00                    | 46,00                   | 2,78              | 13,60               |
| Média     | 89,15           | 22,30       | 4,14            | 186,21                    | 17,51                   | 1,62              | 10,52               |
| Erro pad. | 8,05            | 2,00        | 0,14            | 2,19                      | 1,76                    | 0,05              | 0,21                |
| CV (%)    | 61,87           | 61,59       | 22,81           | 8,07                      | 68,93                   | 22,49             | 13,75               |

As variáveis ‘altura da planta’ e ‘diâmetro do caule’ não foram adicionadas para a ACP. A análise de componentes principais mostrou que os dois primeiros componentes foram responsáveis por captar cerca de 80,1% da variação total dos dados, sendo 58,8% para componente principal 1 (CP1) e 21,3% para componente



principal 2 (CP2). Como consta na Tabela 8, as variáveis que apresentaram maior poder discriminatório no CP1, em ordem decrescente, foram: 'número de frutos' (0,52), 'produção total' (0,52), 'duração da colheita' (0,51), 'massa média do fruto' (-0,06) e 'período de plantio até colheita' (-0,45). Para CP2, apresentaram maior poder discriminatório, em ordem decrescente: 'massa média do fruto' (0,94), 'produção total' (0,09), 'duração da colheita' (0,05), 'período de plantio até a colheita' (-0,21) e 'número de frutos' (-0,21).

**Tabela 8.** Componentes principais CP1 e CP2 para cada variável de produção de frutos de híbridos obtidos pelo cruzamento controlado entre framboeseiras 'Golden Bliss' e 'Frutopia C5', para o primeiro ciclo produtivo (2018-2019).

| Variáveis                   | CP1      | CP2      |
|-----------------------------|----------|----------|
| Produção total (g)          | 0,51560  | 0,09482  |
| Número de frutos            | 0,52080  | -0,21543 |
| Massa média fruto (g)       | -0,06140 | 0,94779  |
| Plantio até colheita (dias) | -0,45150 | -0,20809 |
| Duração colheita (dias)     | 0,50510  | 0,05465  |

Pela análise de componentes principais (ACP), pode-se visualizar os contrastes entre os indivíduos obtidos do cruzamento entre as cultivares 'Golden Bliss' e 'Frutopia C5' (Figura 6).



comercial. Muitos híbridos que apresentaram frutos pouco atrativos visualmente, ainda que apresentassem boas características, foram descartadas da seleção.

Do universo de 47 híbridos avaliados, foram selecionados 27 (Tabela 9).

**Tabela 9.** Híbridos selecionados do cruzamento entre framboeseiras ‘Golden Bliss’ e ‘Frutopia C5’, para o primeiro ciclo produtivo (2018-2019).

| Híbrido | Prod. Total (g) | Núm. frutos | Massa fruto (g) | Híbrido | Prod. Total (g) | Núm. frutos | Massa fruto (g) |
|---------|-----------------|-------------|-----------------|---------|-----------------|-------------|-----------------|
| GF-163  | 62,1            | 11          | 5,50            | GF-199  | 128,5           | 43          | 3,01            |
| GF-170  | 47,8            | 8           | 6,17            | GF-200  | 116,5           | 21          | 5,64            |
| GF-171  | 95,1            | 29          | 3,26            | GF-201  | 135,0           | 35          | 3,88            |
| GF-172  | 104,1           | 22          | 4,75            | GF-209  | 117,9           | 37          | 3,17            |
| GF-174  | 110,7           | 27          | 4,03            | GF-215  | 153,7           | 39          | 3,97            |
| GF-178  | 156,5           | 32          | 4,85            | GF-216  | 65,2            | 11          | 6,04            |
| GF-180  | 134,2           | 37          | 3,65            | GF-217  | 46,7            | 10          | 4,88            |
| GF-181  | 260,7           | 54          | 4,86            | GF-219  | 115,6           | 19          | 6,11            |
| GF-183  | 105,1           | 23          | 4,64            | GF-223  | 77,8            | 16          | 4,76            |
| GF-193  | 162,6           | 46          | 3,54            | GF-228  | 176,4           | 40          | 4,39            |
| GF-194  | 46,0            | 9           | 5,00            | GF-231  | 229,3           | 48          | 4,74            |
| GF-195  | 42,3            | 8           | 5,25            | GF-233  | 101,6           | 26          | 3,84            |
| GF-196  | 109,2           | 28          | 3,85            | GF-240  | 118,9           | 23          | 5,08            |
| GF-197  | 105,1           | 29          | 3,68            |         |                 |             |                 |

## 4.2. Avaliação de segundo ano (ciclo de produção 2019-2020)

### 4.2.1 Cruzamento ‘Heritage’ x ‘Frutopia C5’

Após a seleção de 30 híbridos do cruzamento HF, as plantas foram transportadas para Piracicaba, SP, e podadas no dia 01/09/2019. Em casa de vegetação as plantas foram conduzidas com duas hastes, com fitilhos amarrados em estrutura de metal acima de cada linha de plantas. O primeiro híbrido a frutificar foi HF-044, com primeiros frutos colhidos em 18/10/2019, 44 dias após a poda. O híbrido com início de produção mais tardia foi HF-002, com seus primeiros frutos colhidos 99 dias após a poda. Apenas um híbrido, HF-027, apresentou problemas de crescimento e não se desenvolveu. De maneira geral, ocorreu grande variabilidade para as variáveis analisadas dentro dos híbridos (Tabela 10).

**Tabela 10.** Valores mínimos, máximos, médios, erro padrão e coeficiente de variação para as variáveis estudadas de 30 híbridos obtidos pelo cruzamento entre framboeseiras ‘Heritage’ e ‘Frutopia C5’, para o segundo ciclo produtivo (2019-2020).

|           | Prod. Total (g) | Núm. frutos | Massa média fruto (g) | Diâm. long. fruto (mm)  | Diâm. transv. fruto (mm) | SST (°Brix)      |
|-----------|-----------------|-------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------|------------------|
| Mín.      | 161,80          | 39,00       | 1,60                  | 12,20                   | 15,40                    | 6,43             |
| Máx.      | 891,10          | 445,00      | 4,10                  | 19,80                   | 21,30                    | 10,55            |
| Média     | 569,64          | 233,00      | 3,12                  | 17,17                   | 18,73                    | 8,46             |
| Erro pad. | 39,90           | 19,24       | 0,12                  | 0,38                    | 0,27                     | 0,19             |
| CV (%)    | 37,72           | 44,47       | 21,18                 | 11,81                   | 7,91                     | 12,05            |
|           | Acidez          | SST/Acidez  | Poda colheita (dias)  | Duração colheita (dias) | Altura planta (m)        | Diâm. caule (mm) |
| Mín.      | 1,38            | 3,50        | 47,00                 | 16,00                   | 0,99                     | 7,18             |
| Máx.      | 2,33            | 7,10        | 99,00                 | 109,00                  | 2,27                     | 11,49            |
| Média     | 1,81            | 4,78        | 82,28                 | 52,59                   | 1,83                     | 9,07             |
| Erro pad. | 0,04            | 0,16        | 2,59                  | 4,30                    | 0,05                     | 0,20             |
| CV (%)    | 12,03           | 17,88       | 16,94                 | 44,00                   | 15,43                    | 11,64            |

As variáveis ‘produção total’, ‘número de frutos’ e ‘massa média do fruto’ foram consideradas importantes para a seleção dos híbridos em vista ao objetivo do trabalho. Para ‘produção total’ o híbrido HF-072 foi superior aos demais, com 891,1 g, enquanto o híbrido HF-066 produziu 161,8 g, sendo o menos produtivo. A média geral para ‘produção total’ foi de 569,6 g. As variáveis ‘número de frutos’ e ‘massa média do fruto’ mostraram correlação inversa, ainda que se busque maior número de frutos e maior ‘massa média do fruto’. A média geral para ‘número de frutos’ foi 233. Os híbridos HF-015, HF-017 e HF-069, não se diferenciaram estatisticamente para ‘massa média do fruto’ e apresentaram maiores valores que os demais, com 4,1 gramas, 4,0 g e 4,0 g respectivamente. A ‘massa média do fruto’ geral foi de 3,1 g.

Para ‘diâmetro transversal e longitudinal do fruto’, variáveis correlacionadas à ‘massa média do fruto’, houve grande variação entre os híbridos, com médias gerais de 17,2 mm e 18,7 mm, respectivamente.

Para ‘sólidos solúveis totais’, HF-039 foi superior aos demais com 10,6 °Brix, sendo a média geral de 8,5 ° Brix.

Para ‘acidez’, a média geral foi de 1,8%, com os híbridos HF-036, HF-034 e HF-044, estatisticamente iguais e apresentando maiores valores que os demais, com respectivamente 2,3%, 2,2% e 2,2%, enquanto HF-002 (1,4%), HF-015 (1,4%), HF-038 (1,5%) e HF-059 (1,5%), estatisticamente iguais e com menores valores que os demais.

Para relação ‘SST/Acidez’ a média geral foi 4,8, com HF-015 (7,1) e HF-038 (6,5), superiores estatisticamente aos demais híbridos.

Para as variáveis 'plantio até a colheita' e 'duração da colheita', as médias gerais foram 82,3 dias e 52,6 dias.

Os dados para todas as variáveis podem ser observados na Tabela 11.

**Tabela 11.** Dados de produção para híbridos oriundos do cruzamento controlado entre framboesiras 'Heritage' e 'Frutopia C5', para o segundo ciclo produtivo (2019-2020).

| Híbrido     | Prod. total (g) | Núm. frutos | Massa fruto (g) | Diâm. long. (mm) | Diâm. transv. (mm) | SST (°Brix) | Acidez (%) | SST/Acidez | Plant. colh. (dias) | Dur. colh. (dias) |
|-------------|-----------------|-------------|-----------------|------------------|--------------------|-------------|------------|------------|---------------------|-------------------|
| HF-001      | 611,5           | 192         | 3,5 b           | 17,5 c           | 18,8 d             | 8,1 g       | 1,9 b      | 4,3 c      | 87                  | 43                |
| HF-002      | 655,7           | 435         | 2,0 f           | 13,9 f           | 16,2 g             | 7,9 g       | 1,4 d      | 5,8 b      | 99                  | 35                |
| HF-005      | 724,3           | 248         | 3,6 b           | 18,5 b           | 20,3 b             | 9,5 d       | 1,9 b      | 5,0 c      | 75                  | 49                |
| HF-009      | 748,4           | 312         | 2,9 d           | 16,9 c           | 17,6 e             | 8,9 e       | 1,9 b      | 4,6 c      | 82                  | 74                |
| HF-010      | 758,6           | 322         | 3,2 c           | 17,5 c           | 19,6 b             | 8,5 f       | 1,9 b      | 4,6 c      | 87                  | 37                |
| HF-015      | 696,4           | 195         | 4,1 a           | 19,2 a           | 20,9 a             | 9,9 c       | 1,4 d      | 7,1 a      | 95                  | 39                |
| HF-017      | 209,4           | 54          | 4,0 a           | 17,4 c           | 21,3 a             | 7,4 h       | 1,8 c      | 4,3 c      | 95                  | 16                |
| HF-024      | 756,0           | 255         | 3,1 d           | 18,2 b           | 19,0 c             | 7,3 h       | 1,7 c      | 4,4 c      | 95                  | 39                |
| HF-032      | 823,9           | 315         | 3,2 c           | 18,4 b           | 18,7 d             | 9,0 e       | 2,0 b      | 4,5 c      | 71                  | 89                |
| HF-033      | 242,7           | 90          | 3,1 d           | 17,5 c           | 18,8 d             | 10,3 b      | 1,9 b      | 5,3 b      | 87                  | 37                |
| HF-034      | 601,2           | 296         | 2,8 d           | 16,1 d           | 18,1 d             | 8,6 f       | 2,2 a      | 3,9 d      | 61                  | 91                |
| HF-036      | 467,6           | 311         | 1,9 f           | 12,5 h           | 16,7 f             | 8,1 g       | 2,3 a      | 3,5 d      | 89                  | 41                |
| HF-038      | 838,6           | 322         | 3,3 c           | 16,9 c           | 20,0 b             | 9,5 d       | 1,5 d      | 6,5 a      | 97                  | 69                |
| HF-039      | 612,6           | 206         | 3,8 b           | 19,8 a           | 19,7 b             | 10,6 a      | 1,8 c      | 5,9 b      | 64                  | 85                |
| HF-044      | 847,8           | 233         | 3,8 b           | 19,1 a           | 19,4 c             | 9,4 d       | 2,2 a      | 4,3 c      | 47                  | 109               |
| HF-045      | 516,4           | 167         | 3,4 c           | 18,4 b           | 18,5 d             | 8,7 f       | 1,8 c      | 5,0 c      | 79                  | 45                |
| HF-047      | 429,0           | 166         | 3,0 d           | 18,8 b           | 18,7 d             | 7,9 g       | 2,0 b      | 4,0 d      | 78                  | 33                |
| HF-048      | 538,5           | 216         | 3,0 d           | 17,7 c           | 18,5 d             | 9,6 d       | 1,7 c      | 5,6 b      | 92                  | 36                |
| HF-053      | 596,9           | 445         | 1,6 e           | 12,2 h           | 15,4 g             | 7,9 g       | 1,9 b      | 4,1 d      | 87                  | 45                |
| HF-058      | 441,0           | 199         | 2,6 f           | 15,1 e           | 18,1 d             | 7,5 h       | 1,9 b      | 3,9 d      | 87                  | 32                |
| HF-059      | 419,3           | 125         | 3,4 c           | 17,5 c           | 19,1 c             | 8,1 g       | 1,5 d      | 5,3 b      | 87                  | 47                |
| HF-062      | 499,0           | 262         | 3,2 c           | 15,9 d           | 19,9 b             | 8,4 f       | 1,6 c      | 5,2 b      | 89                  | 39                |
| HF-066      | 161,8           | 39          | 3,6 b           | 19,8 a           | 19,4 c             | 6,4 i       | 1,7 c      | 3,7 d      | 83                  | 24                |
| HF-068      | 722,5           | 273         | 3,3 c           | 19,0 a           | 18,5 d             | 7,9 g       | 1,7 c      | 4,6 c      | 81                  | 75                |
| HF-069      | 171,2           | 44          | 4,0 a           | 18,1 b           | 20,8 a             | 6,7 i       | 1,8 c      | 3,7 d      | 57                  | 71                |
| HF-070      | 352,8           | 219         | 1,8 f           | 13,3 g           | 15,7 g             | 8,4 f       | 1,7 c      | 4,9 c      | 54                  | 78                |
| HF-072      | 891,1           | 284         | 3,4 c           | 17,8 c           | 18,7 d             | 7,7 g       | 1,7 c      | 4,5 c      | 87                  | 47                |
| HF-073      | 359,8           | 176         | 2,4 e           | 17,5 c           | 16,9 f             | 7,8 g       | 1,8 b      | 4,3 c      | 97                  | 31                |
| HF-078      | 825,6           | 356         | 3,4 c           | 17,5 c           | 19,8 b             | 9,6 d       | 1,7 c      | 5,6 b      | 97                  | 69                |
| Média geral | 569,6           | 233         | 3,1             | 17,2             | 18,7               | 8,5         | 1,8        | 4,8        | 82,3                | 52,6              |
| Fc          | -               | -           | 48,0*           | 52,2*            | 43,4*              | 28,8*       | 5,4*       | 15,0*      | -                   | -                 |
| CV (%)      | -               | -           | 18,9            | 10,1             | 7,5                | 4,5         | 10,4       | 9,25       | -                   | -                 |

\*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de agrupamento de médias Scott-Knott.

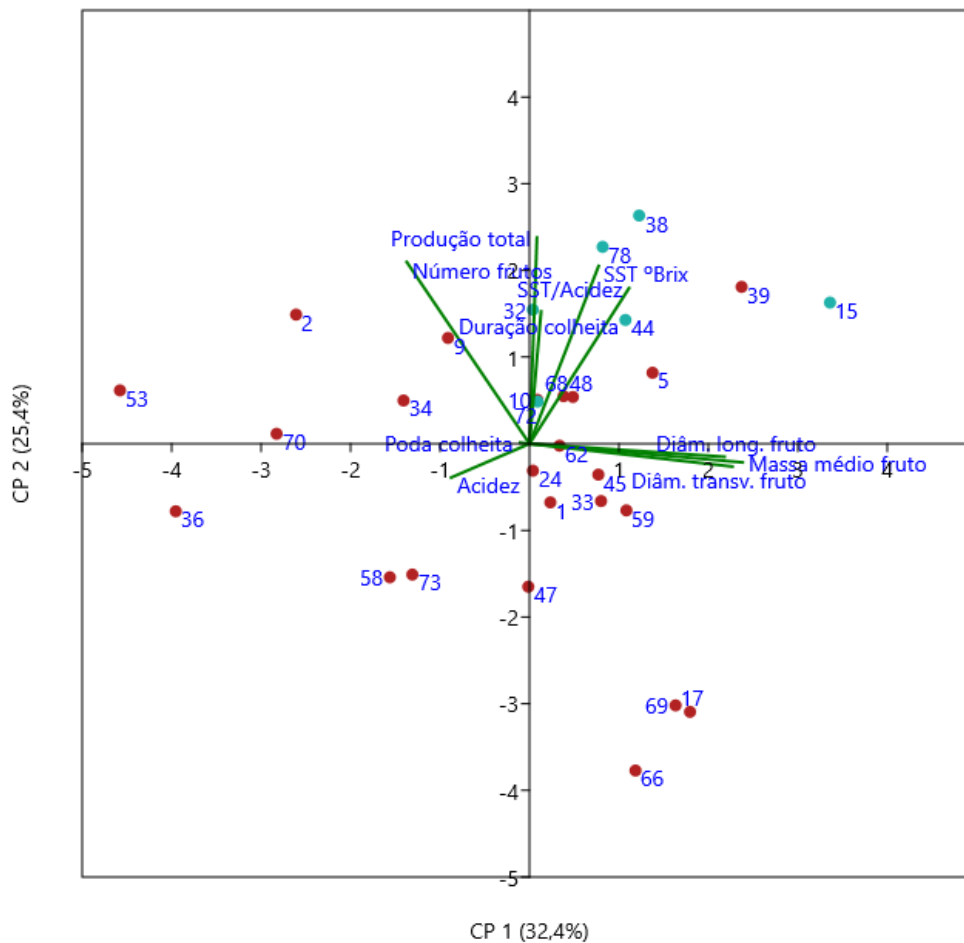
As análises de componentes principais mostraram que os dois primeiros componentes foram responsáveis por captar cerca de 57,8% da variação total dos

dados, sendo 32,4% para componente principal 1 (CP1) e 25,4% para componente principal 2 (CP2). Não foram adicionadas as variáveis 'altura da planta' e 'diâmetro do caule' para a ACP. As principais variáveis que apresentaram maior poder discriminatório no CP1, foram 'massa média fruto' (0,53), 'diâmetro transversal do fruto' (0,51) e 'diâmetro longitudinal do fruto' (0,49), para correlação positiva, e 'poda até a colheita' (-0,02), 'acidez do fruto' (-0,19) e 'número de frutos' (-0,31), para as variáveis negativas (Tabela 12). Para CP2, apresentaram maior poder discriminatório, as variáveis: 'produção total' (0,53), 'números de frutos' (0,47) e 'sólidos solúveis totais' (0,46) com correlação positiva, e 'massa média do fruto' (-0,04), 'diâmetro transversal do fruto' (-0,05) e 'acidez do fruto' (-0,09), com correlação negativa (Tabela 12).

**Tabela 12.** Componentes principais CP1 e CP2 para cada variável de produção e qualidade dos frutos de híbridos obtidos pelo cruzamento controlado de framboesiras 'Heritage' e 'Frutopia C5' no segundo ciclo de produção (2019-2020).

| Variáveis                   | CP1      | CP2      |
|-----------------------------|----------|----------|
| Produção total (g)          | 0,01850  | 0,53062  |
| Número de frutos            | -0,30614 | 0,46768  |
| Massa média fruto (g)       | 0,53145  | -0,04803 |
| Diâmetro long. fruto (mm)   | 0,48635  | -0,03357 |
| Diâmetro transv. fruto (mm) | 0,50607  | -0,05879 |
| SST (°Brix)                 | 0,17231  | 0,45723  |
| Acidez                      | -0,19540 | -0,08693 |
| SST/Acidez                  | 0,24821  | 0,40043  |
| Poda até colheita (dias)    | -0,02321 | 0,00264  |
| Duração colheita (dias)     | 0,02897  | 0,34038  |

Pela análise de componentes principais (ACP), pode-se visualizar os contrastes entre os híbridos do cruzamento entre a cultivar Heritage e o acesso 'Frutopia C5' (Figura 7).



**Figura 7.** Análise de componentes principais dos híbridos obtidos por cruzamento de framboeseiras 'Heritage' e 'Frutopia C5' no segundo ciclo de produção (2019-2020). Pontos de coloração verde representam híbridos selecionados.

Os seis híbridos selecionados (HF-015, HF-032, HF-038, HF-044, HF-072 e HF-078) encontram-se distribuídos primeiro quadrante (Figura 7). A seleção levou em consideração principalmente a 'produção total', 'massa média do fruto' e 'sólidos solúveis totais'. Pode-se observar que o híbrido HF-039, apesar de bom desempenho e boas características, apresentou problemas de frutificação, com elevada quantidade de frutos deformadas, desta forma este híbrido não foi selecionado. Os demais não selecionados encontram-se principalmente no terceiro e quarto quadrante, ainda que alguns tenham mostrado 'produção total' de frutos elevada, estes híbridos possuíam frutos de tamanho menor.

Foram quantificadas as antocianinas e realizadas análises dos parâmetros de colorimetria para os frutos de todos os híbridos, tanto para as plantas que produziram fruto vermelhos (Tabela 13) e amarelos (Tabela 14).

**Tabela 13.** Antocianina (mg 100g<sup>-1</sup> de fruto liofilizado), luminosidade, cromaticidade e ângulo Hue para híbridos, com frutos vermelhos, obtidos pelo cruzamento controlado de framboeseiras 'Heritage' e 'Frutopia C5'.

| Híbrido     | Antocianinas | Luminosidade (L*) | Cromaticidade (C*) | Hue (°) |
|-------------|--------------|-------------------|--------------------|---------|
| HF-001      | 326,2 c      | 29,1 c            | 32,3 c             | 28,8 c  |
| HF-002      | 257,4 d      | 28,8 c            | 34,3 b             | 29,9 b  |
| HF-005      | 145,8 f      | 32,6 a            | 39,4 a             | 33,6 a  |
| HF-009      | 139,1 f      | 32,1 a            | 39,1 a             | 33,2 a  |
| HF-010      | 469,1 b      | 26,2 c            | 30,7 c             | 27,7 c  |
| HF-015      | 253,8 d      | 27,4 c            | 33,1 b             | 29,4 b  |
| HF-017      | 433,5 b      | 27,8 c            | 29,7 c             | 26,6 d  |
| HF-024      | 395,3 b      | 28,6 c            | 33,8 b             | 29,7 b  |
| HF-032      | 292,0 d      | 29,1 c            | 33,3 b             | 28,5 c  |
| HF-034      | 231,3 e      | 31,3 a            | 34,6 b             | 29,2 b  |
| HF-036      | 421,9 b      | 29,0 c            | 35,1 b             | 30,8 b  |
| HF-038      | 232,1 e      | 30,3 b            | 33,8 b             | 29,9 b  |
| HF-044      | 258,7 d      | 28,4 c            | 33,7 b             | 29,7 b  |
| HF-047      | 408,6 b      | 29,5 b            | 32,7 b             | 28,6 c  |
| HF-048      | 199,6 e      | 29,7 b            | 34,7 b             | 30,8 b  |
| HF-053      | 256,4 d      | 29,7 b            | 36,2 b             | 30,9 b  |
| HF-058      | 325,5 c      | 30,4 b            | 35,8 b             | 30,9 b  |
| HF-059      | 284,2 d      | 29,4 b            | 33,0 b             | 29,4 b  |
| HF-068      | 334,3 c      | 27,9 c            | 29,8 c             | 26,5 d  |
| HF-069      | 415,0 b      | 28,5 c            | 30,8 c             | 27,2 d  |
| HF-070      | 738,1 a      | 23,2 d            | 27,2 d             | 24,9 d  |
| HF-072      | 176,1 f      | 30,7 b            | 36,2 b             | 32,1 a  |
| HF-078      | 221,9 e      | 32,1 a            | 34,1 b             | 30,0 b  |
| Média geral | 313,7        | 29,2              | 33,6               | 29,5    |
| Fc          | 62,8*        | 7,9*              | 7,9*               | 9,3*    |
| CV (%)      | 10,6         | 5,0               | 6,0                | 4,6     |

\*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de agrupamento de médias Scott-Knott.

**Tabela 14.** Antocianina (mg 100g<sup>-1</sup> de fruto liofilizado), luminosidade, cromaticidade e ângulo Hue para híbridos, com frutos amarelos, obtidos pelo cruzamento controlado de framboeseiras 'Heritage' e 'Frutopia C5'.

| Híbrido     | Antocianinas | Luminosidade (L*) | Cromaticidade (C*) | Hue (°) |
|-------------|--------------|-------------------|--------------------|---------|
| HF-033      | 3,5 a        | 51,6              | 82,0 b             | 77,1 b  |
| HF-039      | 4,5 a        | 52,9              | 84,4 b             | 79,3 b  |
| HF-045      | 2,8 a        | 52,4              | 93,1 a             | 89,1 a  |
| HF-062      | 2,9 a        | 51,6              | 85,6 b             | 80,3 b  |
| HF-066      | 3,6 a        | 50,1              | 90,3 a             | 85,1 a  |
| HF-073      | 2,1 a        | 49,9              | 92,5 a             | 86,5 a  |
| Média geral | 3,2          | 51,4              | 88,0               | 82,9    |
| Fc          | 3,0*         | NS                | 7,4*               | 7,9*    |
| CV (%)      | 29,72        | 4,6               | 3,8                | 4,0     |

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de agrupamento de médias Scott-Knott.



Para framboesas de coloração vermelha, foram encontradas quantidade de antocianinas em matéria seca de 130,7 até 723,6 mg 100g<sup>-1</sup> de fruto liofilizado. Para os híbridos com frutos coloração amarela as antocianinas apresentaram níveis muito menores, com valores que variaram de 2,5 a 4,4 mg 100g<sup>-1</sup> de fruto liofilizado.

Os valores de luminosidade variaram de 23,2 a 32,6 para os híbridos com frutos vermelhos e de 49,9 a 52,6 para os frutos de coloração amarela. Para cromaticidade, que representa a intensidade da cor, em frutos de coloração vermelha os valores variaram de 27,2 a 39,4, e em frutos de coloração amarela, variaram de 82,0 a 93,1. Para o ângulo Hue, os valores variaram de 24,9° a 33,6°, em frutos de coloração vermelha, e 77,1° a 89,1°, para frutos de coloração amarela.

A figura 8 mostra a representação visual das cores dos frutos de cada híbrido a partir dos dados de luminosidade, cromaticidade e ângulo Hue.



**Figura 8.** Representação da percepção de cores de frutos de híbridos obtidos por cruzamento de framboeseiras 'Heritage' e 'Frutopia C5'.

#### 4.2.2 Cruzamento 'Salmon' x 'Frutopia C5'

Após a seleção de 23 híbridos do cruzamento SF, as plantas foram transportadas para Piracicaba, SP, em casa de vegetação foram podadas no dia 01/09/2019. Foram conduzidas duas hastes por planta, com fitilhos amarrados em estrutura de metal acima de cada linha de plantas. A primeiro híbrido a frutificar foi SF-133, com primeiros frutos colhidos em 29/10/2019, 44 dias após a poda. O híbrido com início de produção mais tardia foi a SF-110, com seus primeiros frutos colhidos 99 dias após a poda. O híbrido SF-121 apresentou problemas de crescimento e não se desenvolveu. De maneira geral, ocorreu grande variabilidade para as variáveis analisadas dentro dos híbridos (Tabela 15).

**Tabela 15.** Valores mínimos, máximos, médios, erro padrão e coeficiente de variação para as variáveis de produção de 23 híbridos obtidos pelo cruzamento controlado entre framboeseiras 'Salmon' e 'Frutopia C5', para o segundo ciclo produtivo (2019-2020).

|           | Prod. Total (g) | Núm. frutos | Massa fruto (g)      | Diâm. long. fruto (mm)  | Diâm. transv. fruto (mm) | SST (°Brix)      |
|-----------|-----------------|-------------|----------------------|-------------------------|--------------------------|------------------|
| Mín.      | 162,70          | 76,00       | 1,90                 | 13,40                   | 16,00                    | 5,75             |
| Máx.      | 775,30          | 361,00      | 4,70                 | 21,80                   | 25,1                     | 9,65             |
| Média     | 468,19          | 179,64      | 3,13                 | 16,98                   | 18,92                    | 8,17             |
| Erro pad. | 36,49           | 18,44       | 0,19                 | 0,52                    | 0,45                     | 0,21             |
| CV (%)    | 36,56           | 48,16       | 27,93                | 14,41                   | 11,16                    | 11,92            |
|           | Acidez          | SST/Acidez  | Poda colheita (dias) | Duração colheita (dias) | Altura planta (m)        | Diâm. caule (mm) |
| Mín.      | 1,42            | 3,61        | 58,00                | 22,00                   | 1,20                     | 7,07             |
| Máx.      | 2,22            | 5,73        | 114,00               | 85,00                   | 2,74                     | 10,80            |
| Média     | 1,81            | 4,57        | 86,73                | 46,18                   | 1,86                     | 9,02             |
| Erro pad. | 0,05            | 0,12        | 2,75                 | 3,30                    | 0,11                     | 0,24             |
| CV (%)    | 12,87           | 12,32       | 14,86                | 33,54                   | 27,33                    | 12,48            |

Para 'produção total' o híbrido SF-110 foi superior aos demais, com 719,2 g, enquanto o híbrido SF-128 produziu 162,7 g, sendo o menos produtivo. A média geral para 'produção total' foi de 468,2 g. A média geral para 'número de frutos' foi 179,6. Os híbridos SF-096 e SF-132 não se diferenciaram estatisticamente para 'massa média do fruto' e apresentaram maiores valores que os demais, com 4,7 g e 4,5 g respectivamente. A 'massa média do fruto' geral foi de 3,2 g.

Para 'diâmetro transversal e longitudinal do fruto', variáveis correlacionadas à 'massa média do fruto', houve grande variação entre os híbridos, com médias gerais de 17,0 mm e 18,9 mm, respectivamente.

Para 'sólidos solúveis totais', SF-133 (9,7 °Brix), SF-132 (9,2 °Brix), SF-139 (9,2 °Brix), SF-118 (9,1 °Brix) e SF-096 (9,0 °Brix) foram estatisticamente iguais entre

si e superiores aos demais, sendo a média geral de 8,2 °Brix. Para 'acidez', a média geral foi de 1,8%, com dois grupos estatisticamente diferentes, com o superior com valores que variaram de 2,2% a 1,8% e com o de menores valores, que variaram de 1,7% a 1,4%. Para relação 'SST/Acidez' a média geral foi 4,6, com SF-096 e SF-115, ambos com 5,7, superiores estatisticamente aos demais híbridos.

Para as variáveis 'plantio até a colheita' e 'duração da colheita', as médias gerais foram 86,7 dias e 46,2 dias.

Os dados para todas as variáveis podem ser observados na Tabela 16.

**Tabela 16.** Dados de produção para híbridos oriundos do cruzamento controlado entre framboesiras 'Salmon' e 'Frutopia C5', para o segundo ciclo produtivo (2019-2020).

| Híbrido     | Prod. total (g) | Núm. frutos | Massa fruto (g) | Diâm. long. (mm) | Diâm. transv. (mm) | SST (°Brix) | Acidez (%) | SST/Acidez | Plant. colh. (dias) | Dur. colh. (dias) |
|-------------|-----------------|-------------|-----------------|------------------|--------------------|-------------|------------|------------|---------------------|-------------------|
| SF-081      | 324,1           | 132         | 3,1 d           | 16,8 d           | 19,5 b             | 7,3 c       | 1,7 b      | 4,3 c      | 95                  | 61                |
| SF-084      | 670,2           | 345         | 2,4 f           | 15,2 e           | 16,7 c             | 8,3 b       | 1,6 b      | 5,3 b      | 103                 | 49                |
| SF-085      | 539,4           | 163         | 3,6 c           | 16,6 d           | 20,2 b             | 5,8 d       | 1,4 b      | 4,1 d      | 103                 | 57                |
| SF-094      | 775,3           | 361         | 2,7 e           | 16,8 d           | 17,6 c             | 8,7 b       | 2,0 a      | 4,4 c      | 86                  | 70                |
| SF-096      | 570,5           | 131         | 4,7 a           | 21,8 a           | 21,0 b             | 9,0 a       | 1,6 b      | 5,7 a      | 81                  | 36                |
| SF-097      | 541,4           | 192         | 3,3 c           | 19,0 c           | 18,7 c             | 7,7 c       | 1,6 b      | 4,9 b      | 92                  | 60                |
| SF-105      | 208,0           | 76          | 2,8 e           | 16,0 d           | 18,0 c             | 8,5 b       | 1,8 a      | 4,6 c      | 97                  | 22                |
| SF-110      | 719,2           | 233         | 4,2 b           | 20,3 b           | 20,0 b             | 8,2 b       | 1,7 b      | 4,8 b      | 114                 | 52                |
| SF-115      | 460,8           | 115         | 4,2 b           | 20,9 b           | 20,0 b             | 8,7 b       | 1,6 b      | 5,7 a      | 80                  | 39                |
| SF-116      | 580,1           | 193         | 3,6 c           | 18,7 c           | 20,4 b             | 7,8 c       | 2,2 a      | 3,6 d      | 67                  | 85                |
| SF-118      | 505,9           | 246         | 2,3 f           | 14,9 e           | 17,3 c             | 9,1 a       | 1,8 a      | 5,0 b      | 94                  | 34                |
| SF-123      | 476,8           | 293         | 1,9 f           | 13,4 f           | 16,8 c             | 8,7 b       | 1,9 a      | 4,5 c      | 94                  | 36                |
| SF-128      | 162,7           | 79          | 2,2 f           | 13,7 f           | 17,4 c             | 7,6 c       | 1,8 a      | 4,1 d      | 87                  | 27                |
| SF-129      | 704,4           | 263         | 2,9 d           | 17,0 d           | 18,1 c             | 8,7 b       | 2,2 a      | 4,0 d      | 87                  | 30                |
| SF-132      | 530,8           | 129         | 4,5 a           | 19,6 c           | 21,6 b             | 9,2 a       | 2,0 a      | 4,6 c      | 89                  | 47                |
| SF-133      | 362,1           | 170         | 2,4 f           | 14,5 e           | 16,0 c             | 9,7 a       | 1,9 a      | 5,2 b      | 58                  | 51                |
| SF-139      | 374,0           | 140         | 3,2 d           | 16,8 d           | 18,5 c             | 9,2 a       | 2,0 a      | 4,6 c      | 86                  | 38                |
| SF-141      | 201,5           | 101         | 2,3 f           | 14,7 e           | 17,6 c             | 7,7 c       | 2,0 a      | 3,8 d      | 69                  | 59                |
| SF-143      | 333,3           | 83          | 4,1 b           | 18,8 c           | 25,1 a             | 8,2 b       | 2,1 a      | 4,0 d      | 76                  | 27                |
| SF-147      | 356,5           | 88          | 4,3 b           | 18,8 c           | 20,9 b             | 6,1 d       | 1,4 b      | 4,3 c      | 92                  | 36                |
| SF-153      | 546,5           | 279         | 2,1 f           | 13,9 f           | 16,8 c             | 8,4 b       | 1,8 a      | 4,6 c      | 83                  | 47                |
| SF-160      | 356,6           | 140         | 2,6 e           | 15,4 e           | 18,0 c             | 7,2 c       | 1,6 b      | 4,6 c      | 75                  | 53                |
| Média geral | 468,2           | 179,6       | 3,2             | 17,0             | 18,9               | 8,2         | 1,8        | 4,6        | 86,7                | 46,2              |
| Fc          | -               | -           | 56,1*           | 85,5*            | 4,4*               | 18,2*       | 5,0*       | 9,6*       | -                   | -                 |
| CV (%)      | -               | -           | 22,91           | 9,8              | 33,47              | 5,6         | 11,5       | 8,0        | -                   | -                 |

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de agrupamento de médias Scott-Knott.

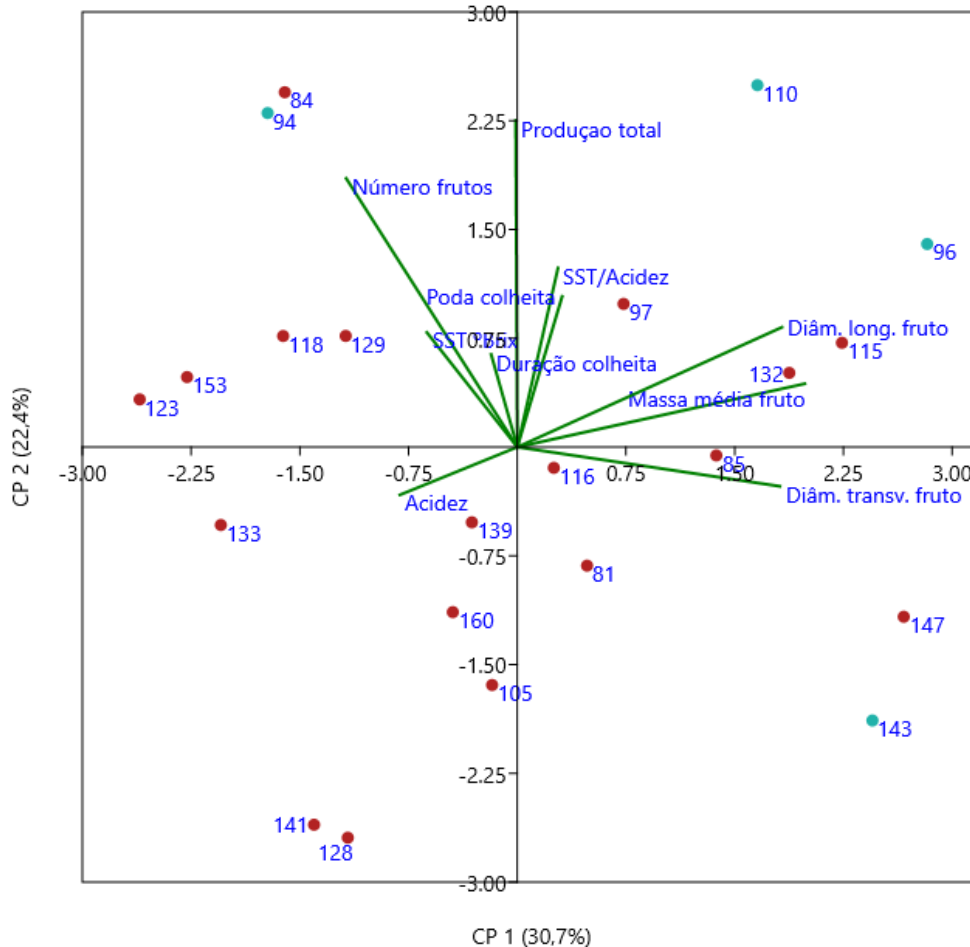
As análises de componentes principais mostraram que os dois primeiros componentes foram responsáveis por captar 53,1% da variação total dos dados, sendo 30,7% para componente principal 1 (CP1) e 22,4% para componente principal

2 (CP2). Não foram utilizadas as variáveis ‘altura da planta’ e ‘diâmetro do caule’, para melhor interpretação dos dados. As principais variáveis que apresentaram maior poder discriminatório no CP1, foram ‘massa média do fruto’ (0,55), ‘diâmetro longitudinal do fruto’ (0,50) e ‘diâmetro transversal do fruto’ (0,50), para correlação positiva, e ‘sólidos solúveis totais’ (-0,17), ‘acidez do fruto’ (-0,22) e ‘número de frutos’ (-0,32), para as variáveis negativas (Tabela 17). Para CP2, apresentaram maior poder discriminatório, as variáveis: ‘produção total’ (0,62), ‘número de frutos’ (0,51) e ‘relação SST/acidez’ (0,34) para correlação positiva, e ‘diâmetro transversal do fruto’ (-0,07) e ‘acidez do fruto’ (-0,09) apresentaram correlação negativa (Tabela 17).

**Tabela 17.** Componentes principais CP1 e CP2 para cada variável de produção e qualidade dos frutos de híbridos obtidos pelo cruzamento controlado de framboeseiras ‘Salmon’ e ‘Frutopia C5’ no segundo ciclo de produção (2019-2020).

| Variáveis                   | CP1      | CP2      |
|-----------------------------|----------|----------|
| Produção total (g)          | -0,00308 | 0,61993  |
| Número de frutos            | -0,32503 | 0,51004  |
| Massa média fruto (g)       | 0,54592  | 0,12028  |
| Diâmetro long. fruto (mm)   | 0,50277  | 0,22757  |
| Diâmetro transv. fruto (mm) | 0,49865  | -0,07445 |
| SST (°Brix)                 | -0,17174 | 0,21751  |
| Acidez                      | -0,22294 | -0,09076 |
| SST/Acidez                  | 0,07724  | 0,33988  |
| Poda até colheita (dias)    | 0,08514  | 0,28594  |
| Duração colheita (dias)     | -0,04972 | 0,17585  |

Pela análise de componentes principais (ACP), pode-se visualizar os contrastes entre os indivíduos obtidos do cruzamento entre a cultivar ‘Salmon’ e o acesso Frutopia C5 (Figura 9).



**Figura 9.** Análise de componentes principais dos híbridos obtidos por cruzamento de framboeseiras ‘Salmon’ e ‘Frutopia C5’ no segundo ciclo de produção (2019-2020). Pontos de coloração verde representam híbridos selecionados.

Os híbridos selecionados se encontram muito afastados, com os híbridos SF-096 e SF-110 localizados no primeiro quadrante e relacionados às variáveis de tamanho do fruto (Figura 9). O híbrido SF-094 no segundo quadrante que tem correlação com ‘produção total’ e ‘sólidos solúveis totais’, e o híbrido SF-143 no quarto quadrante (Figura 9). A seleção levou em consideração principalmente a ‘produção total’, ‘massa média do fruto’ e ‘sólidos solúveis totais’, porém para este cruzamento a coloração do fruto foi fator importante na tomada de decisão, como exemplo o híbrido SF-143 que apresentou menor ‘produção total’, porém sua coloração alaranjada foi levada em consideração para a seleção.

Foram quantificadas as antocianinas e realizadas análises dos parâmetros de colorimetria para os frutos de todos os híbridos, para frutos de coloração vermelha (Tabela 18) e coloração amarela (Tabela 19).

**Tabela 18.** Antocianina (mg 100g<sup>-1</sup> de fruto liofilizado), luminosidade, cromaticidade e ângulo Hue para híbridos, com frutos vermelhos, obtidos pelo cruzamento controlado de framboeseiras 'Salmon' e 'Frutopia C5'.

| Híbrido     | Antocianinas | Luminosidade (L*) | Cromaticidade (C*) | Hue (°) |
|-------------|--------------|-------------------|--------------------|---------|
| SF-084      | 194,3 j      | 30,3 b            | 37,6 b             | 32,1 b  |
| SF-085      | 270,3 h      | 27,2 c            | 35,8 b             | 31,6 b  |
| SF-097      | 109,1 l      | 31,3 b            | 38,9 a             | 34,3 a  |
| SF-110      | 287,6 h      | 29,5 b            | 33,3 c             | 29,4 c  |
| SF-116      | 487,9 b      | 27,3 c            | 31,0 d             | 27,1 c  |
| SF-123      | 353,2 f      | 29,1 b            | 36,1 b             | 30,8 b  |
| SF-128      | 313,7 g      | 30,3 b            | 36,2 b             | 31,2 b  |
| SF-129      | 456,0 c      | 28,0 c            | 33,7 c             | 28,7 c  |
| SF-132      | 385,8 e      | 28,9 b            | 32,3 c             | 28,5 c  |
| SF-133      | 329,0 g      | 28,6 b            | 32,3 c             | 28,0 c  |
| SF-139      | 515,2 a      | 24,9 d            | 29,8 d             | 27,0 c  |
| SF-143      | 162,4 k      | 37,7 a            | 39,3 a             | 34,2 a  |
| SF-153      | 245,8 i      | 30,5 b            | 36,6 b             | 31,2 b  |
| SF-160      | 424,1 d      | 29,5 b            | 34,3 c             | 29,7 c  |
| Média geral | 323,9        | 29,5              | 34,8               | 30,3    |
| Fc          | 210,2*       | 12,6*             | 8,8*               | 11,9*   |
| CV (%)      | 5,2          | 5,5               | 5,6                | 4,5     |

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de agrupamento de médias Scott-Knott.

**Tabela 19.** Antocianina (mg 100g<sup>-1</sup> de fruto liofilizado), luminosidade, cromaticidade e ângulo Hue para híbridos, com frutos amarelos, obtidos pelo cruzamento controlado de framboeseiras 'Salmon' e 'Frutopia C5'.

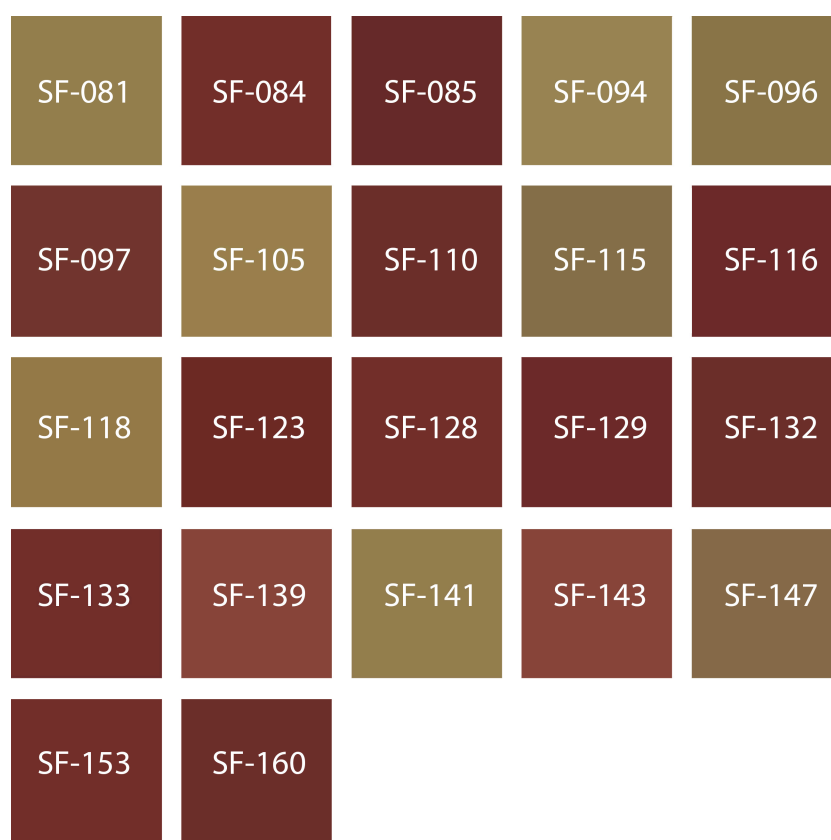
| Híbrido     | Antocianinas | Luminosidade (L*) | Cromaticidade (C*) | Hue (°) |
|-------------|--------------|-------------------|--------------------|---------|
| SF-081      | 4,1 b        | 54,6 a            | 91,7 a             | 87,1 a  |
| SF-094      | 2,9 c        | 56,6 a            | 90,7 a             | 85,9 a  |
| SF-096      | 1,7 d        | 49,9 b            | 88,6 b             | 84,7 a  |
| SF-105      | 3,6 b        | 55,5 a            | 89,8 b             | 83,9 a  |
| SF-115      | 1,9 d        | 48,3 b            | 84,8 c             | 80,5 b  |
| SF-118      | 4,0 b        | 52,8 a            | 84,3 c             | 78,9 b  |
| SF-141      | 3,0 c        | 54,2 a            | 85,7 c             | 81,2 b  |
| SF-147      | 8,0 a        | 47,9 b            | 77,7 d             | 73,9 c  |
| Média geral | 3,7          | 52,5              | 86,7               | 82,0    |
| Fc          | 58,7*        | 15,7*             | 7,3*               | 6,5*    |
| CV (%)      | 14,0         | 3,2               | 3,9                | 4,1     |

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de agrupamento de médias Scott-Knott.

Para framboesas de coloração vermelha a alaranjada, foram encontradas quantidade de antocianinas em matéria seca de 109,1 até 515,2 mg 100g<sup>-1</sup> de fruto liofilizado. Para os híbridos com frutos coloração amarela as antocianinas apresentaram níveis menores, com valores de antocianinas que variaram de 1,7 a 8,0 mg 100g<sup>-1</sup> de fruto liofilizado.

Os valores de luminosidade variaram de 23,2 a 32,6 para os híbridos com frutos vermelhos e de 49,9 a 52,6 para os frutos de coloração amarela. Para cromaticidade, que representa a intensidade da cor, em frutos de coloração vermelha os valores variaram de 27,2 a 39,4, e em frutos de coloração amarela, variaram de 82,0 a 93,1. Para o ângulo Hue os valores variaram de 24,9° a 33,6°, em frutos de coloração vermelha, e 77,1° a 89,1°, para frutos de coloração amarela.

A figura 10 mostra a representação visual das cores dos frutos de cada híbrido a partir dos dados de luminosidade, cromaticidade e ângulo Hue.



**Figura 10.** Representação da percepção de cores de frutos de híbridos obtidos por cruzamento controlado de framboeseiras ‘Salmon’ e ‘Frutopia C5’.

#### 4.2.3 Cruzamento ‘Golden Bliss’ x ‘Frutopia C5’

Após a seleção de 27 híbridos do cruzamento GF, as plantas foram transportadas para Piracicaba, SP, e em casa de vegetação foram podadas no dia 01/09/2019. Foram conduzidas duas hastes por planta, com fitilhos amarrados em estrutura de metal acima de cada linha de plantas. O primeiro híbrido a frutificar foi GF-195, com primeiros frutos colhidos em 23/10/2019, 52 dias após a poda. O híbrido com início de produção mais tardia foi GF-223, com seus primeiros frutos colhidos 124

dias após a poda. Apenas um híbrido, GF-228, apresentou problemas de crescimento e não se desenvolveu. De maneira geral, ocorreu grande variabilidade para as variáveis analisadas dentro dos híbridos (Tabela 20).

**Tabela 20.** Valores mínimos, máximos, médios, erro padrão e coeficiente de variação para as variáveis de produção de 27 híbridos obtidos pelo cruzamento controlado entre framboeseiras 'Golden Bliss' e 'Frutopia C5', para o segundo ciclo produtivo (2019-2020).

|           | Prod.<br>Total (g) | Núm.<br>frutos | Massa fruto<br>(g)      | Diâm. long.<br>fruto (mm)  | Diâm. transv.<br>fruto (mm) | SST (°Brix)         |
|-----------|--------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------|
| Mín.      | 182,30             | 88,00          | 1,50                    | 11,90                      | 14,90                       | 6,70                |
| Máx.      | 1430,50            | 436,00         | 5,60                    | 22,7                       | 22,60                       | 11,35               |
| Média     | 582,77             | 241,62         | 3,00                    | 1,69                       | 1,83                        | 8,58                |
| Erro pad. | 56,07              | 19,56          | 0,17                    | 0,49                       | 0,31                        | 0,23                |
| CV (%)    | 49,06              | 41,27          | 29,42                   | 14,96                      | 8,53                        | 13,76               |
|           | Acidez             | SST/Acidez     | Poda colheita<br>(dias) | Duração<br>colheita (dias) | Altura<br>planta (m)        | Diâm. caule<br>(mm) |
| Mín.      | 1,04               | 3,76           | 52,00                   | 22,00                      | 1,20                        | 8,56                |
| Máx.      | 2,22               | 10,33          | 124,00                  | 100,00                     | 2,91                        | 11,53               |
| Média     | 1,73               | 5,15           | 89,12                   | 55,50                      | 1,99                        | 9,97                |
| Erro pad. | 0,05               | 0,26           | 2,98                    | 4,14                       | 0,08                        | 0,18                |
| CV (%)    | 14,87              | 26,21          | 17,03                   | 38,03                      | 19,98                       | 9,39                |

Para 'produção total' o híbrido GF-240 foi superior aos demais, com 1430,5 g, enquanto o híbrido GF-209 produziu 182,3 g, sendo o menos produtivo. A média geral para 'produção total' foi de 582,8 g. A média geral para 'número de frutos' foi 179,6. O híbrido GF-165 foi superior estatisticamente que os demais para 'massa média do fruto' e apresentou média de 5,6 g. A 'massa média do fruto' geral foi de 3,0 g.

Para 'diâmetro transversal e longitudinal do fruto', variáveis correlacionadas à 'massa média do fruto', houve grande variação entre os híbridos, com médias gerais de 16,9 mm e 18,3 mm, respectivamente.

Para 'sólidos solúveis totais', GF-197 com 11,4 °Brix foi superior estatisticamente aos demais, sendo a média geral de 8,6 °Brix. Para 'acidez', a média geral foi de 1,7%, com três grupos estatisticamente diferentes, com o superior com valores que variaram de 2,2% a 1,9%, seguido do grupo com valores que variaram de 1,9% a 1,7% e com o grupo de menores valores, que variaram de 1,7% a 1,4%. Para relação 'SST/Acidez' a média geral foi 5,2, com GF-194 apresentando valor de 10,3, superior estatisticamente a todos os demais híbridos.

Para as variáveis 'plantio até a colheita' e 'duração da colheita', as médias gerais foram 89,1 dias e 55,5 dias.

Os dados para todas as variáveis podem ser observados na Tabela 21.



**Tabela 21.** Dados de produção para híbridos oriundos do cruzamento controlado entre framboeseiras 'Golden Bliss' e 'Frutopia C5', para o segundo ciclo produtivo (2019-2020).

| Híbrido     | Prod. total (g) | Núm. frutos | Massa fruto (g) | Diâm. long. (mm) | Diâm. transv. (mm) | SST (°Brix) | Acidez (%) | SST/Acidez | Plant. colh. (dias) | Dur. colh. (dias) |
|-------------|-----------------|-------------|-----------------|------------------|--------------------|-------------|------------|------------|---------------------|-------------------|
| GF-163      | 681,3           | 164,0       | 5,6 a           | 22,7 a           | 22,6 a             | 9,1 c       | 1,5 c      | 6,3 c      | 73                  | 87                |
| GF-170      | 284,3           | 98,0        | 3,1 e           | 15,5 g           | 18,7 d             | 7,9 e       | 1,9 a      | 4,1 d      | 97                  | 22                |
| GF-171      | 696,8           | 218,0       | 3,8 c           | 19,7 c           | 19,2 c             | 8,3 d       | 1,4 c      | 5,8 c      | 87                  | 73                |
| GF-172      | 230,7           | 91,0        | 2,8 f           | 16,9 f           | 17,9 e             | 7,2 f       | 1,9 b      | 3,8 d      | 82                  | 42                |
| GF-174      | 736,3           | 369,0       | 2,5 f           | 15,4 h           | 17,9 e             | 9,8 b       | 1,7 b      | 5,6 c      | 69                  | 65                |
| GF-178      | 993,1           | 353,0       | 3,4 d           | 18,8 d           | 18,7 d             | 8,2 d       | 1,8 b      | 4,7 d      | 86                  | 80                |
| GF-180      | 688,0           | 268,0       | 3,0 e           | 17,3 e           | 17,7 e             | 8,0 e       | 1,5 c      | 5,3 c      | 87                  | 65                |
| GF-181      | 201,1           | 88,0        | 2,5 f           | 15,3 h           | 17,3 f             | 9,2 c       | 2,0 a      | 4,5 d      | 103                 | 63                |
| GF-183      | 918,6           | 410,0       | 2,8 f           | 16,6 f           | 17,5 e             | 9,8 b       | 1,6 c      | 6,3 c      | 92                  | 42                |
| GF-193      | 285,1           | 211,0       | 1,6 h           | 12,5 j           | 14,9 g             | 9,1 c       | 2,0 a      | 4,6 d      | 94                  | 36                |
| GF-194      | 396,9           | 177,0       | 2,7 f           | 15,8 g           | 18,5 d             | 10,2 b      | 1,0 d      | 10,3 a     | 107                 | 45                |
| GF-195      | 937,3           | 246,0       | 3,3 d           | 19,0 d           | 18,3 d             | 8,7 c       | 1,8 b      | 4,7 d      | 52                  | 100               |
| GF-196      | 416,3           | 222,0       | 2,7 f           | 16,0 g           | 18,8 c             | 9,4 b       | 2,0 a      | 4,7 d      | 87                  | 73                |
| GF-197      | 539,8           | 311,0       | 2,4 g           | 15,3 h           | 17,5 e             | 11,4 a      | 1,9 a      | 5,9 c      | 99                  | 50                |
| GF-199      | 410,1           | 321,0       | 1,5 h           | 11,9 j           | 15,2 g             | 7,6 e       | 1,8 b      | 4,1 d      | 89                  | 35                |
| GF-200      | 661,0           | 362,0       | 3,0 e           | 17,8 f           | 18,5 d             | 7,6 e       | 1,6 c      | 4,9 d      | 99                  | 61                |
| GF-201      | 584,7           | 358,0       | 2,1 g           | 14,6 h           | 17,0 f             | 9,5 b       | 2,0 a      | 4,7 d      | 101                 | 33                |
| GF-209      | 182,3           | 107,0       | 2,1 g           | 14,1 i           | 17,1 f             | 8,6 d       | 1,7 b      | 4,9 d      | 71                  | 78                |
| GF-215      | 416,8           | 177,0       | 2,7 f           | 16,6 f           | 17,7 e             | 6,9 f       | 1,6 c      | 4,3 d      | 79                  | 45                |
| GF-216      | 649,7           | 213,0       | 3,7 c           | 19,4 c           | 19,2 c             | 6,8 f       | 1,6 c      | 4,3 d      | 87                  | 43                |
| GF-217      | 656,1           | 282,0       | 3,0 e           | 16,4 f           | 18,4 d             | 10,0 b      | 1,4 c      | 7,3 b      | 92                  | 42                |
| GF-219      | 810,3           | 236,0       | 4,3 b           | 20,5 b           | 20,4 b             | 6,7 f       | 1,6 c      | 4,3 d      | 87                  | 37                |
| GF-223      | 369,3           | 175,0       | 2,5 f           | 15,6 g           | 17,6 e             | 9,7 b       | 1,8 b      | 5,4 c      | 117                 | 32                |
| GF-231      | 483,4           | 169,0       | 3,1 e           | 16,1 g           | 19,0 c             | 7,6 e       | 1,7 b      | 4,4 d      | 76                  | 76                |
| GF-233      | 492,1           | 220,0       | 3,3 d           | 17,2 f           | 19,2 c             | 7,8 e       | 1,7 c      | 4,7 d      | 124                 | 32                |
| GF-240      | 1430,5          | 436,0       | 4,5 b           | 21,1 b           | 20,8 b             | 8,3 d       | 2,2 a      | 3,8 d      | 80                  | 86                |
| Média geral | 582,8           | 241,6       | 3,0             | 16,9             | 18,3               | 8,6         | 1,7        | 5,2        | 89,1                | 55,5              |
| Fc          | -               | -           | 83,4*           | 97,6*            | 47,0*              | 28,5*       | 6,7*       | 18,4       | -                   | -                 |
| CV (%)      | -               | -           | 19,7            | 9,4              | 7,7                | 5,2         | 11,5       | 12,2       | -                   | -                 |

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de agrupamento de médias Scott-Knott.

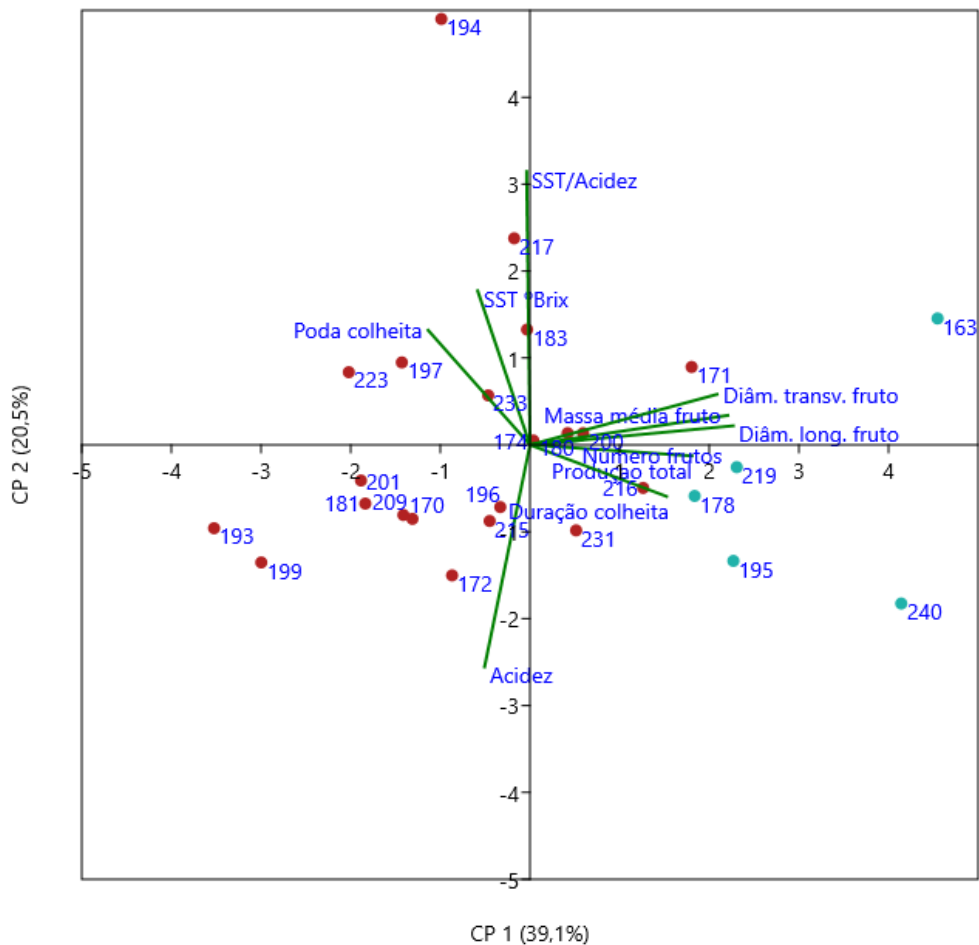
As análises de componentes principais mostraram que os dois primeiros componentes foram responsáveis por captar cerca de 60,5% da variação total dos dados, sendo 40,0% para componente principal 1 (CP1) e 20,5% para componente principal 2 (CP2). Para melhor interpretação dos dados, não foram utilizadas as variáveis 'altura da planta' e 'diâmetro do caule'. As principais variáveis que apresentaram maior poder discriminatório no CP1, foram 'diâmetro longitudinal do fruto' (0,48), 'massa média fruto' (0,47) e 'diâmetro transversal do fruto' (0,44), para correlação positiva, e 'acidez do fruto' (-0,11), 'sólidos solúveis totais' (-0,12) e 'poda

até colheita' (-0,24), para as variáveis de correlação negativas (Tabela 22). Para CP2, apresentaram maior poder discriminatório, as variáveis: 'relação SST/acidez' (0,67), 'sólidos solúveis totais' (0,38) e 'poda até colheita' (0,28) para correlação positiva, e 'produção total' (-0,03), 'duração da colheita' (-0,13) e 'acidez do fruto' (-0,54), para correlação negativa (Tabela 22).

**Tabela 22.** Componentes principais CP1 e CP2 para cada variável de produção e qualidade dos frutos de híbridos obtidos pelo cruzamento controlado de framboeseiras 'Golden Bliss' e 'Frutopia C5' no segundo ciclo de produção (2019-2020).

| Variáveis                   | CP1      | CP2      |
|-----------------------------|----------|----------|
| Produção total (g)          | 0,38379  | -0,02678 |
| Número de frutos            | 0,12299  | 0,01160  |
| Massa média fruto (g)       | 0,46845  | 0,07207  |
| Diâmetro long. fruto (mm)   | 0,48152  | 0,04664  |
| Diâmetro transv. fruto (mm) | 0,44312  | 0,12359  |
| SST (°Brix)                 | -0,12400 | 0,37656  |
| Acidez                      | -0,10759 | -0,54249 |
| SST/Acidez                  | -0,00816 | 0,66786  |
| Poda até colheita (dias)    | -0,24124 | 0,28019  |
| Duração colheita (dias)     | 0,32358  | -0,12596 |

Pela análise de componentes principais (ACP), pode-se visualizar os contrastes entre os indivíduos obtidos do cruzamento entre a cultivar Golden Bliss e o acesso Frutopia C5 (Figura 11).



**Figura 11.** Análise de componentes principais dos híbridos obtidos por cruzamento controlado de framboeiras 'Golden Bliss' e 'Frutopia C5' no segundo ciclo de produção (2019-2020). Pontos de coloração verde representam híbridos selecionados.

Os cinco híbridos selecionados (GF-163, GF-178, GF-195, GF-219 e GF-240) encontram-se agrupados no primeiro e quarto quadrante, de maneira que a seleção levou em consideração principalmente a 'produção total' e 'massa média do fruto' (Figura 11). O híbrido GF-163 apresentou 'massa média do fruto' superior, assim como GF-240 que apresentou 'produção total' muito superior, de maneira que os dois híbridos foram representados em locais isolados no primeiro e quarto quadrante, respectivamente. Os demais híbridos não selecionados encontram-se principalmente no segundo e terceiro quadrante (Figura 11).

Foram quantificadas as antocianinas e realizadas análises dos parâmetros de colorimetria para os frutos de todos os híbridos, separados para frutos de coloração vermelha (Tabela 23) e coloração amarela (Tabela 24).

**Tabela 23.** Antocianina (mg 100g<sup>-1</sup> de fruto liofilizado), luminosidade, cromaticidade e ângulo Hue para híbridos, com frutos vermelhos, obtidos pelo cruzamento controlado de framboesiras 'Golden Bliss' e 'Frutopia C5'.

| Híbrido     | Antocianinas | Luminosidade (L*) | Cromaticidade (C*) | Hue (°) |
|-------------|--------------|-------------------|--------------------|---------|
| GF-163      | 271,0 e      | 28,8 c            | 33,0 b             | 29,8 b  |
| GF-170      | 433,4 b      | 27,1 c            | 30,4 c             | 27,0 c  |
| GF-171      | 417,6 b      | 28,4 c            | 33,3 b             | 29,1 b  |
| GF-172      | 388,8 c      | 30,3 b            | 33,6 b             | 29,1 b  |
| GF-174      | 494,2 a      | 26,7 c            | 29,8 c             | 26,2 d  |
| GF-178      | 233,0 f      | 29,4 b            | 33,4 b             | 29,1 b  |
| GF-181      | 340,2 d      | 29,4 b            | 32,5 b             | 28,4 c  |
| GF-183      | 296,3 e      | 28,4 c            | 32,4 b             | 28,4 c  |
| GF-195      | 361,2 c      | 27,8 c            | 30,1 c             | 27,4 c  |
| GF-196      | 202,1 g      | 33,1 a            | 38,1 a             | 32,6 a  |
| GF-197      | 280,8 e      | 30,2 b            | 34,4 b             | 29,9 b  |
| GF-199      | 333,2 d      | 28,8 c            | 31,1 c             | 27,1 c  |
| GF-200      | 362,5 c      | 28,2 c            | 29,1 c             | 26,0 d  |
| GF-201      | 370,1 c      | 27,6 c            | 34,0 b             | 29,4 b  |
| GF-217      | 384,8 c      | 25,4 c            | 27,8 c             | 24,7 d  |
| GF-223      | 240,9 f      | 30,1 b            | 36,0 a             | 30,9 a  |
| GF-231      | 191,7 g      | 32,0 a            | 36,2 a             | 31,3 a  |
| GF-240      | 209,3 g      | 31,4 a            | 36,6 a             | 32,1 a  |
| Média geral | 322,8        | 29,1              | 32,9               | 28,8    |
| Fc          | 99,1*        | 5,7*              | 7,7*               | 9,1*    |
| CV (%)      | 5,4          | 5,5               | 6,1                | 4,9     |

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de agrupamento de médias Scott-Knott.

**Tabela 24.** Antocianina (mg 100g<sup>-1</sup> de fruto liofilizado), luminosidade, cromaticidade e ângulo Hue para híbridos, com frutos amarelos, obtidos pelo cruzamento controlado de framboesiras 'Salmon' e 'Frutopia C5'.

| Híbrido     | Antocianinas | Luminosidade (L*) | Cromaticidade (C*) | Hue (°) |
|-------------|--------------|-------------------|--------------------|---------|
| GF-180      | 2,4 d        | 55,0 a            | 93,1 a             | 88,8 a  |
| GF-193      | 4,5 c        | 51,2 c            | 92,9 a             | 86,2 a  |
| GF-194      | 3,7 c        | 53,9 a            | 89,0 a             | 84,0 a  |
| GF-209      | 5,9 b        | 51,9 b            | 79,0 c             | 74,9 c  |
| GF-215      | 9,2 a        | 50,1 c            | 77,1 c             | 71,8 c  |
| GF-216      | 1,4 d        | 52,4 b            | 93,8 a             | 89,5 a  |
| GF-219      | 3,7 c        | 47,9 c            | 84,0 b             | 79,9 b  |
| GF-233      | 3,2 c        | 54,4 a            | 92,3 a             | 87,7 a  |
| Média geral | 4,3          | 52,1              | 87,7               | 82,9    |
| Fc          | 55,3*        | 10,5*             | 17,8*              | 16,2*   |
| CV (%)      | 15,2         | 2,8               | 3,6                | 4,0     |

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de agrupamento de médias Scott-Knott.

Para framboesas de coloração vermelha, foram encontradas quantidade de antocianinas em matéria seca de 204,7 até 495,0 mg 100g<sup>-1</sup> de fruto liofilizado. Para

os híbridos com frutos coloração amarela as antocianinas apresentaram níveis menores, com valores de antocianinas que variaram de 2,0 a 9,8 mg 100g<sup>-1</sup> de fruto liofilizado.

Os valores de luminosidade variaram de 26,7 a 33,1 para os híbridos com frutos vermelhos e de 47,9 a 55,0 para os frutos de coloração amarela. Para cromaticidade, que representa a intensidade da cor, em frutos de coloração vermelha os valores variaram de 27,7 a 38,1, e em frutos de coloração amarela, variaram de 77,1 a 93,8. Para o ângulo Hue os valores variaram de 24,7° a 32,6°, em frutos de coloração vermelha, e 71,8° a 89,5°, para frutos de coloração amarela.

A figura 12, mostra a representação visual das cores dos frutos de cada híbrido a partir dos dados de luminosidade, cromaticidade e ângulo Hue.



**Figura 12.** Representação da percepção de cores de frutos de híbridos obtidos por cruzamento controlado de framboeseras 'Golden Bliss' e 'Frutopia C5'.

### 4.3 Avaliação de híbridos superiores (ciclo de produção 2020-2021)

Após o experimento realizado em Piracicaba, SP, para o ciclo produtivo 2019-2020, com a avaliação de um total de 80 híbridos (30 do cruzamento HF, 23 do cruzamento SF e 27 do cruzamento GF) foram selecionados 15 híbridos (HF-015, HF-032, HF-038, HF-044, HF-072, HF-078, SF-094, SF-096, SF-110, SF-143, GF-163, GF-178, GF-195, GF-219 e GF-240), com critérios distintos dentro de cada cruzamento. Utilizou-se cinco clones de cada híbrido e cinco de cada parental para a avaliação do ciclo de produção 2020-2021, em São Bento do Sapucaí, SP.

#### 4.3.1 Avaliação dos parentais

As plantas dos parentais foram avaliadas entre si, onde as cinco repetições foram submetidas à análise de componentes principais (ACP). Pode-se observar uma variação nos resultados obtidos para cada variável (Tabela 25).

**Tabela 25.** Valores mínimos, máximos, médios, erro padrão e coeficiente de variação para as variáveis de produção das cultivares Heritage, Salmon, Golden Bliss e acesso Frutopia C5.

|           | Prod. Total (g) | Núm. frutos          | Massa fruto (g)         | Alt. média fruto (mm) | Diâm. médio fruto (mm) |
|-----------|-----------------|----------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------|
| Mín.      | 38,3            | 10,0                 | 3,1                     | 16,5                  | 17,5                   |
| Máx.      | 645,4           | 166,0                | 7,4                     | 23,9                  | 24,4                   |
| Média     | 282,0           | 82,0                 | 4,3                     | 19,2                  | 20,0                   |
| Erro pad. | 24,1            | 7,7                  | 0,3                     | 0,5                   | 0,4                    |
| CV (%)    | 37,5            | 39,6                 | 28,5                    | 11,8                  | 10,0                   |
|           | SST (°Brix)     | Poda colheita (dias) | Duração colheita (dias) | Altura planta (m)     | Diâmetro caule (mm)    |
| Mín.      | 8,3             | 106,0                | 3,0                     | 1,3                   | 8,8                    |
| Máx.      | 10,7            | 207,0                | 101,0                   | 2,5                   | 11,1                   |
| Média     | 9,3             | 153,6                | 42,0                    | 1,8                   | 10,0                   |
| Erro pad. | 0,1             | 6,7                  | 5,1                     | 0,1                   | 0,1                    |
| CV (%)    | 5,9             | 19,6                 | 54,8                    | 17,1                  | 5,7                    |

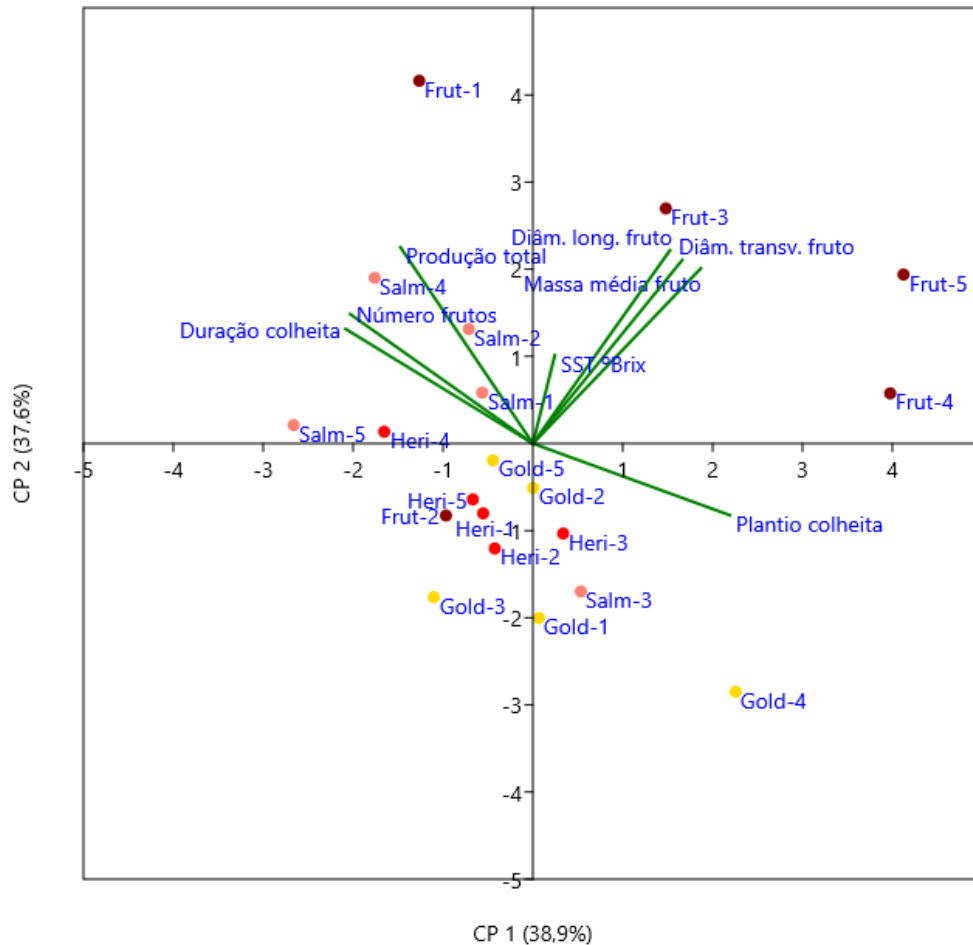
As análises de componentes principais mostraram que os dois primeiros componentes foram responsáveis por captar cerca de 73,5% da variação total dos dados, sendo 38,9% para componente principal 1 (CP1) e 37,6% para componente principal 2 (CP2). As principais variáveis que apresentaram maior poder discriminatório no CP1, foram: 'poda até colheita' (0,45), 'massa média do fruto' (0,38) e 'diâmetro transversal do fruto' (0,31) para correlação positiva, e 'produção total' (-0,30), 'número de frutos' (-0,41) e 'duração da colheita' (-0,42), para as variáveis negativas (Tabela 26). Para CP2, apresentaram maior poder discriminatório, as

variáveis: 'produção total' (0,46), 'diâmetro longitudinal do fruto' (0,45) e 'diâmetro transversal do fruto' (0,41) para correlação positiva, e apenas 'poda até colheita' (-0,16) para correlação negativa (Tabela 26). Não foram utilizadas as variáveis 'altura da planta' e 'diâmetro do caule' para melhor interpretação dos dados.

**Tabela 26.** Componentes principais CP1 e CP2 para cada variável de produção e qualidade dos frutos de framboesiras 'Heritage', 'Salmon', 'Golden Bliss' e o acesso Frutopia C5, no terceiro ciclo de produção (2020-2021).

| Variáveis                   | CP1      | CP2      |
|-----------------------------|----------|----------|
| Produção total (g)          | -0,30021 | 0,45863  |
| Número de frutos            | -0,41418 | 0,30262  |
| Massa média fruto (g)       | 0,38063  | 0,40956  |
| Diâmetro long. fruto (mm)   | 0,31065  | 0,45171  |
| Diâmetro transv. fruto (mm) | 0,33856  | 0,42893  |
| SST (°Brix)                 | 0,04955  | 0,20615  |
| Plantio até colheita (dias) | 0,44669  | -0,16773 |
| Duração colheita (dias)     | -0,42465 | 0,26775  |

Pela análise de componentes principais (ACP), pode-se visualizar os contrastes entre as cultivares, para cada variável analisada (Figura 13).



**Figura 13.** Distribuição das cultivares de framboeseiras pela análise de componentes principais das framboeseiras ‘Heritage’; ‘Salmon’; ‘Golden Bliss’; e ‘Frutopia C5’.

As plantas do acesso Frutopia C5, com exceção da repetição Frut-2, foram as que apresentaram maiores correlações com ‘diâmetro longitudinal’, ‘diâmetro transversal’ e ‘massa média do fruto’, ou seja, apresentou frutos maiores que as demais, ainda que as repetições não tenham ficado agrupadas, sendo observadas muito espalhadas no primeiro, segundo e quarto quadrante, mostrando maior variação entre as repetições (Figura 13). A cultivar Salmon, com exceção da repetição Salm-3, foi a que apresentou maior ‘produção total’, ‘número de frutos’ e ‘duração de período de colheita’. As cultivares Heritage e Golden Bliss apresentaram menores correlações com variáveis relacionadas ao tamanho dos frutos e as repetições de ambas se encontram muito próximas e agrupadas principalmente no terceiro e quarto quadrante (Figura 13).



### 4.3.2 Cruzamento 'Heritage' e 'Frutopia C5'

Os híbridos originários do cruzamento controlado entre 'Heritage' e 'Frutopia C5' apresentaram respostas diversas para as variáveis de produção analisadas (Tabela 27).

**Tabela 27.** Valores mínimos, máximos, médios, erro padrão e coeficiente de variação para as variáveis de produção dos híbridos oriundos do cruzamento controlado entre framboesiras 'Heritage' e 'Frutopia C5'.

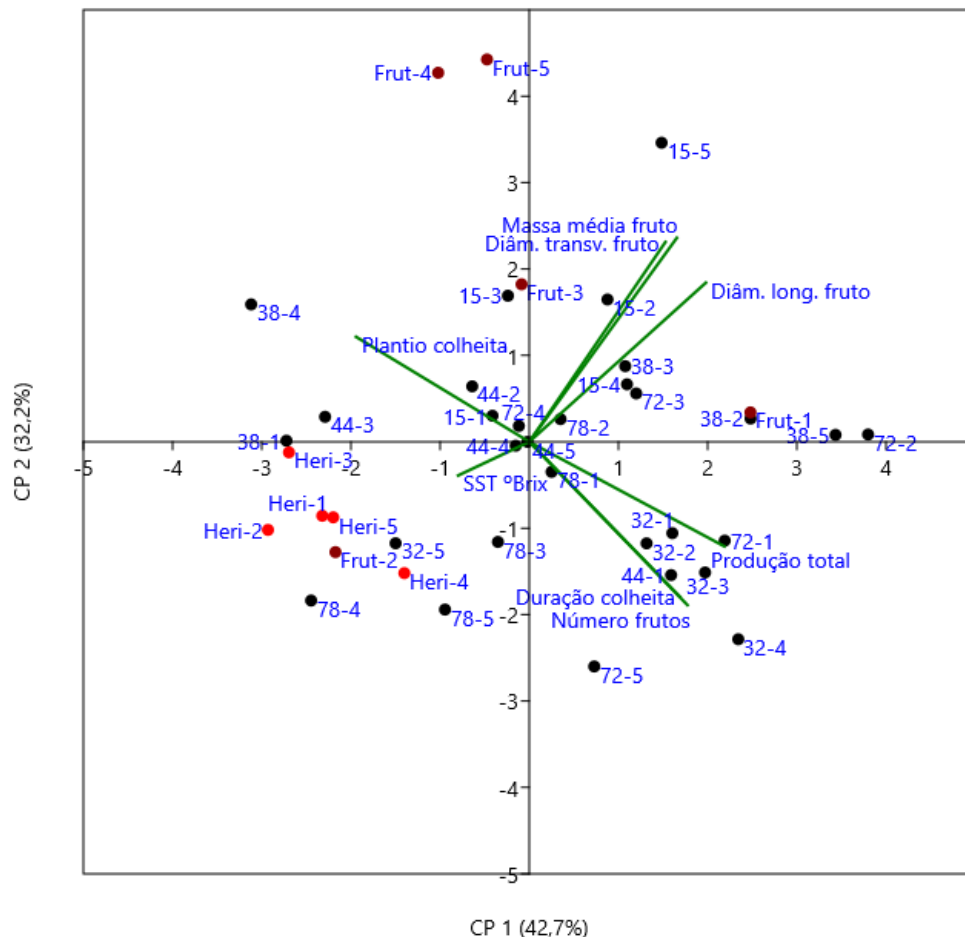
|           | Prod.<br>Total (g) | Núm.<br>frutos          | Massa fruto<br>(g)         | Diâm. long.<br>fruto (mm) | Diâm. transv.<br>fruto (mm) |
|-----------|--------------------|-------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Mín.      | 35,9               | 9,0                     | 3,1                        | 16,7                      | 18,3                        |
| Máx.      | 964,0              | 238,0                   | 7,2                        | 25,1                      | 24,4                        |
| Média     | 449,7              | 118,7                   | 4,8                        | 21,2                      | 20,7                        |
| Erro pad. | 37,0               | 10,5                    | 0,2                        | 0,4                       | 0,2                         |
| CV (%)    | 45,1               | 48,5                    | 18,5                       | 9,7                       | 6,5                         |
|           | SST<br>(°Brix)     | Poda colheita<br>(dias) | Duração<br>colheita (dias) | Altura<br>planta (m)      | Diâmetro caule<br>(mm)      |
| Mín.      | 6,0                | 106,0                   | 19,0                       | 0,8                       | 8,4                         |
| Máx.      | 10,6               | 191,0                   | 110,0                      | 2,1                       | 11,2                        |
| Média     | 8,6                | 132,0                   | 64,3                       | 1,5                       | 9,5                         |
| Erro pad. | 0,2                | 4,5                     | 4,5                        | 0,1                       | 0,1                         |
| CV (%)    | 11,7               | 18,6                    | 38,3                       | 19,6                      | 7,1                         |

As análises de componentes principais mostraram que os dois primeiros componentes foram responsáveis por captar cerca de 74,9% da variação total dos dados, sendo 42,7% para componente principal 1 (CP1) e 32,2% para componente principal 2 (CP2). Para melhor interpretação dos dados, não foram utilizadas as variáveis 'altura da planta' e 'diâmetro do caule'. As principais variáveis que apresentaram maior poder discriminatório no CP1, foram: 'produção total' (0,44), 'diâmetro longitudinal do fruto' (0,40) e 'número de frutos' (0,36) para correlação positiva, e 'sólidos solúveis totais' (-0,16) e 'plantio até colheita' (-0,39) para as variáveis com correlação negativa (Tabela 28). Para CP2, apresentaram maior poder discriminatório, as variáveis: 'massa média do fruto' (0,48), 'diâmetro transversal do fruto' (0,47) e 'diâmetro longitudinal do fruto' (0,37) para correlação positiva, e 'produção total' (-0,25), 'duração da colheita' (-0,36) e 'número de frutos' (-0,38) para correlação negativa (Tabela 28).

**Tabela 28.** Componentes principais CP1 e CP2 para cada variável de produção e qualidade dos frutos de parentais e híbridos obtidos pelo cruzamento controlado de framboeseiras 'Heritage' e 'Frutopia C5' no terceiro ciclo de produção (2020-2021).

| Variáveis                   | CP1      | CP2      |
|-----------------------------|----------|----------|
| Produção total (g)          | 0,44486  | -0,24603 |
| Número de frutos            | 0,36043  | -0,38398 |
| Massa média fruto (g)       | 0,33640  | 0,47998  |
| Diâmetro long. fruto (mm)   | 0,40256  | 0,37435  |
| Diâmetro transv. fruto (mm) | 0,31040  | 0,47012  |
| SST (°Brix)                 | -0,16225 | -0,07913 |
| Plantio até colheita (dias) | -0,39502 | 0,24699  |
| Duração colheita (dias)     | 0,34387  | -0,36502 |

Pela análise de componentes principais (ACP), pode-se visualizar os contrastes entre as cultivares, para cada variável analisada (Figura 14).



**Figura 14.** Distribuição de 'Heritage' e 'Frutopia C5' e seus híbridos (HF), pela análise de componentes principais.

Pela análise de componentes principais (ACP), pode-se observar que os contrastes entre as cultivares parentais e os híbridos obtidos apresentaram resultados diversos, para cada variável analisada (Figura 14). Os parentais ‘Heritage’ e ‘Frutopia C5’ tiveram resultados diferentes quando comparados entre si. As plantas da cultivar Heritage apresentaram menor variação e aparecem representadas no gráfico de maneira agrupada no terceiro quadrante, com forte correlação principalmente com a variável ‘sólidos solúveis totais’. Já a repetições para ‘Frutopia C5’ tiveram maior variação, com representação de três plantas no segundo quadrante com maior correlação com variáveis de tamanho do fruto, uma planta no primeiro quadrante com maior correlação com ‘produção total’, e uma planta no terceiro que apresentou características semelhantes às plantas de ‘Heritage’, sendo considerada um *outlier*. Os híbridos, de maneira geral, também apresentaram grande variação de características, com repetições pouco agrupadas e espalhadas por todos os quadrantes do gráfico. O híbrido HF-032 teve três repetições no quatro quadrante, com correlação com as variáveis de ‘produção total’ e ‘número de frutos’. Algumas plantas de HF-015 apresentaram características próximas às plantas de ‘Frutopia C5’ (Figura 14).

#### 4.3.3 Cruzamento ‘Salmon’ e ‘Frutopia C5’

Os híbridos originários do cruzamento controlado entre ‘Salmon’ e ‘Frutopia C5’ apresentaram respostas diversas para as variáveis de produção analisadas (Tabela 29).

**Tabela 29.** Valores mínimos, máximos, médios, erro padrão e coeficiente de variação para as variáveis de produção dos híbridos oriundos do cruzamento controlado entre framboesiras ‘Salmon’ e ‘Frutopia C5’.

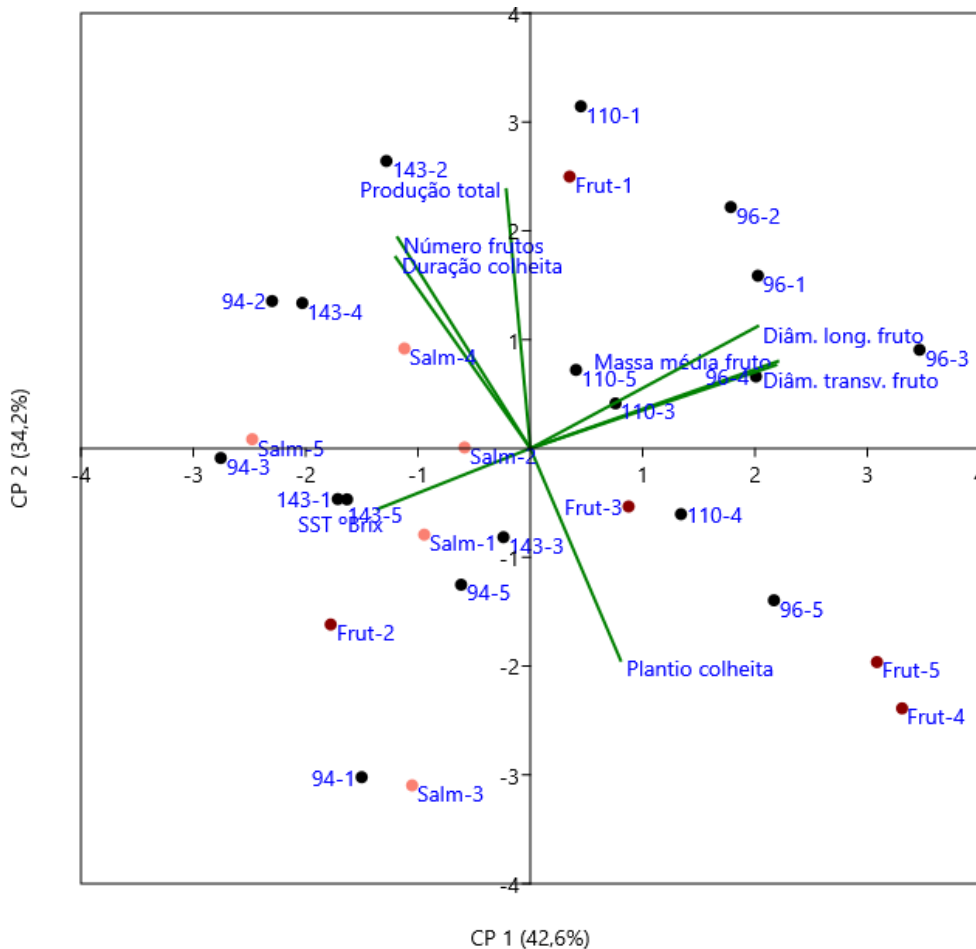
|           | Prod.<br>Total (g) | Núm.<br>frutos          | Massa fruto<br>(g)         | Diâm. long.<br>fruto (mm) | Diâm. transv.<br>fruto (mm) |
|-----------|--------------------|-------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Mín.      | 129,1              | 38,0                    | 3,0                        | 16,2                      | 18,6                        |
| Máx.      | 770,3              | 166,0                   | 7,7                        | 26,5                      | 24,5                        |
| Média     | 421,1              | 99,2                    | 5,0                        | 21,2                      | 21,2                        |
| Erro pad. | 40,6               | 10,0                    | 0,3                        | 0,7                       | 0,4                         |
| CV (%)    | 40,9               | 43,0                    | 27,3                       | 14,0                      | 8,3                         |
|           | SST<br>(°Brix)     | Poda colheita<br>(dias) | Duração<br>colheita (dias) | Altura<br>planta (m)      | Diâmetro caule<br>(mm)      |
| Mín.      | 7,2                | 106,0                   | 31,0                       | 0,5                       | 8,0                         |
| Máx.      | 10,9               | 172,0                   | 110,0                      | 2,4                       | 10,5                        |
| Média     | 9,0                | 130,8                   | 62,1                       | 1,2                       | 9,2                         |
| Erro pad. | 0,2                | 5,8                     | 5,6                        | 0,1                       | 0,2                         |
| CV (%)    | 10,5               | 18,8                    | 38,4                       | 41,4                      | 7,9                         |

As análises de componentes principais mostraram que os dois primeiros componentes foram responsáveis por captar cerca de 76,8% da variação total dos dados, sendo 42,6% para componente principal 1 (CP1) e 34,2% para componente principal 2 (CP2). Para melhor interpretação dos dados, não foram utilizadas as variáveis 'altura da planta' e 'diâmetro do caule'. As principais variáveis que apresentaram maior poder discriminatório no CP1, foram: 'massa média do fruto' (0,50), 'diâmetro transversal do fruto' (0,50) e 'diâmetro longitudinal do fruto' (0,46) para correlação positiva, e 'número de frutos' (-0,16), 'duração da colheita' (-0,39) e 'sólidos solúveis totais' (-0,39) para as variáveis com correlação negativa (Tabela 30). Para CP2, apresentaram maior poder discriminatório, as variáveis: 'produção total' (0,54), 'número de frutos' (0,44) e 'duração da colheita' (0,40) para correlação positiva, e 'sólidos solúveis totais' (-0,13) e 'período plantio até colheita' (-0,44) para correlação negativa (Tabela 30).

**Tabela 30.** Componentes principais CP1 e CP2 para cada variável de produção e qualidade dos frutos de parentais e híbridos obtidos pelo cruzamento controlado de framboeseiras 'Salmon' e 'Frutopia C5' no terceiro ciclo de produção (2020-2021).

| Variáveis                   | CP1      | CP2      |
|-----------------------------|----------|----------|
| Produção total (g)          | -0,04915 | 0,54454  |
| Número de frutos            | -0,27037 | 0,44337  |
| Massa média fruto (g)       | 0,50412  | 0,18338  |
| Diâmetro long. fruto (mm)   | 0,46311  | 0,25701  |
| Diâmetro transv. fruto (mm) | 0,50013  | 0,17532  |
| SST (°Brix)                 | -0,31110 | -0,12746 |
| Plantio até colheita (dias) | 0,18383  | -0,44550 |
| Duração colheita (dias)     | -0,27418 | 0,40220  |

Por meio da análise de componentes principais (ACP), pode-se visualizar os contrastes entre as cultivares, para cada variável analisada (Figura 15).



**Figura 15.** Distribuição de 'Salmon' e 'Frutopia C5' e seus híbridos (SF), pela análise de componentes principais.

Pela análise de componentes principais (ACP), pode-se observar que os contrastes entre as cultivares parentais e os híbridos obtidos apresentaram resultados diversos, para cada variável analisada (Figura 15). Os parentais 'Salmon' e 'Frutopia C5' mostraram características diferentes, com as plantas de 'Salmon' representadas no segundo e terceiro quadrante, enquanto para 'Frutopia C5' três plantas aparecem no quarto quadrante e uma no primeiro, estas mais correlacionadas a tamanho dos frutos, além de uma planta de 'Frutopia C5' no terceiro quadrante, que apresentou comportamento muito distinto das demais, sendo considerada um *outlier*. Os híbridos, de maneira geral, também apresentaram grande variação de características, mas ainda sim alguns mostraram características similares aos parentais. SF-094 e SF-143 ficaram mais próximas à 'Salmon', com maiores correlações a 'produção total'. SF-096 e SF-110 foram representadas mais próximas à 'Frutopia C5', com plantas sendo representadas no primeiro e quarto quadrante.

#### 4.3.4 Cruzamento ‘Golden Bliss’ e ‘Frutopia C5’

Os híbridos originários do cruzamento controlado entre ‘Golden Bliss’ e ‘Frutopia C5’ apresentaram respostas diversas para as variáveis de produção analisadas (Tabela 31).

**Tabela 31.** Valores mínimos, máximos, médios, erro padrão e coeficiente de variação para as variáveis de produção dos híbridos oriundos do cruzamento controlado entre framboeseiras ‘Golden Bliss’ e ‘Frutopia C5’.

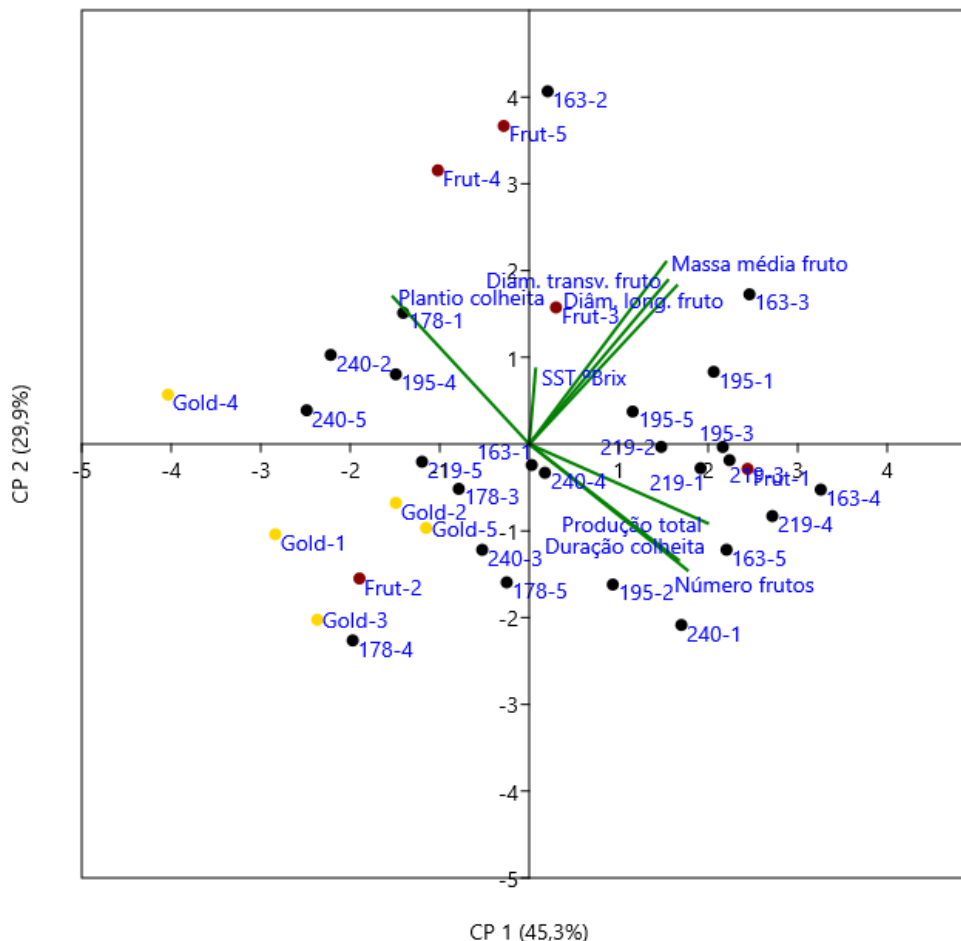
|           | Prod.<br>Total (g) | Núm.<br>frutos          | Massa fruto<br>(g)         | Diâm. long.<br>fruto (mm) | Diâm. transv.<br>fruto (mm) |
|-----------|--------------------|-------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Mín.      | 134,7              | 33,0                    | 3,2                        | 16,9                      | 18,2                        |
| Máx.      | 845,9              | 170,0                   | 8,5                        | 26,2                      | 23,9                        |
| Média     | 477,6              | 104,6                   | 5,4                        | 21,7                      | 21,2                        |
| Erro pad. | 41,8               | 8,6                     | 0,2                        | 0,4                       | 0,3                         |
| CV (%)    | 42,9               | 40,3                    | 22,4                       | 10,0                      | 6,9                         |
|           | SST<br>(°Brix)     | Poda colheita<br>(dias) | Duração<br>colheita (dias) | Altura<br>planta (m)      | Diâmetro caule<br>(mm)      |
| Mín.      | 7,1                | 106,0                   | 15,0                       | 0,9                       | 8,1                         |
| Máx.      | 11,0               | 201,0                   | 104,0                      | 2,2                       | 10,5                        |
| Média     | 9,0                | 142,2                   | 57,8                       | 1,5                       | 9,4                         |
| Erro pad. | 0,2                | 6,4                     | 6,1                        | 0,1                       | 0,1                         |
| CV (%)    | 12,8               | 22,0                    | 52,0                       | 23,0                      | 7,0                         |

As análises de componentes principais mostraram que os dois primeiros componentes foram responsáveis por captar cerca de 75,2% da variação total dos dados, sendo 45,3% para componente principal 1 (CP1) e 29,9% para componente principal 2 (CP2). Para melhor interpretação dos dados, não foram utilizadas as variáveis ‘altura da planta’ e ‘diâmetro do caule’. As principais variáveis que apresentaram maior poder discriminatório no CP1, foram: ‘produção total’ (0,45), ‘número de frutos’ (0,40) e ‘duração da colheita’ (0,38) para correlação positiva, e apenas período de ‘plantio até colheita’ (-0,34) com correlação negativa (tabela 32). Para CP2, apresentaram maior poder discriminatório, as variáveis: ‘massa média do fruto’ (0,47), ‘diâmetro transversal do fruto’ (0,43) e ‘diâmetro longitudinal do fruto’ (0,41) para correlação positiva, e ‘produção total’ (-0,20), ‘duração da colheita’ (-0,30) e ‘número de frutos’ (-0,33) para correlação negativa (Tabela 32).

**Tabela 32.** Componentes principais CP1 e CP2 para cada variável de produção e qualidade dos frutos de parentais e híbridos obtidos pelo cruzamento controlado de framboeseiras ‘Golden Bliss’ e ‘Frutopia C5’ no terceiro ciclo de produção (2020-2021).

| Variáveis                   | CP1      | CP2      |
|-----------------------------|----------|----------|
| Produção total (g)          | 0,44956  | -0,20554 |
| Número de frutos            | 0,39862  | -0,32768 |
| Massa média fruto (g)       | 0,34449  | 0,47315  |
| Diâmetro long. fruto (mm)   | 0,37191  | 0,41195  |
| Diâmetro transv. fruto (mm) | 0,34921  | 0,42574  |
| SST (°Brix)                 | 0,01606  | 0,19544  |
| Plantio até colheita (dias) | -0,34383 | 0,38293  |
| Duração colheita (dias)     | 0,37627  | -0,30118 |

Por meio da análise de componentes principais (ACP), pode-se visualizar os contrastes entre as cultivares, para cada variável analisada (Figura 16).



**Figura 16.** Distribuição de ‘Golden Bliss’ e ‘Frutopia C5’ e seus híbridos (GF), pela análise de componentes principais.

Analisando os componentes principais (ACP), pode-se observar que os contrastes entre as cultivares parentais e os híbridos obtidos apresentaram resultados

diversos, para cada variável analisada (Figura 16). Os parentais 'Golden Bliss' e 'Frutopia C5' mostraram características diferentes entre si. As plantas de 'Golden Bliss', representadas principalmente no terceiro quadrante, mostram correlação inversa às variáveis relacionadas ao tamanho do fruto. Para 'Frutopia C5' quatro plantas aparecem no primeiro, segundo e quarto quadrante, mais correlacionadas à tamanho do fruto. Uma planta de 'Frutopia C5', presente no terceiro quadrante, apresentou comportamento muito distinto das demais, sendo considerada um *outlier*. Os híbridos, de maneira geral, apresentaram variação de características. Os híbridos GF-163, GF-195 e GF-219 foram os que mais tiveram correlação com 'produção total' e com variáveis relacionadas a tamanho do fruto.

#### 4.3.5 Análise dos parentais e híbridos selecionados

Após as análises realizadas separadamente entre os parentais e suas respectivos híbridos, utilizou-se as médias das cinco repetições, tanto de parentais, quanto de híbridos, para uma análise geral de todos os materiais utilizados no último ciclo de avaliação. Os valores das variáveis estudadas apresentaram variabilidade, porém menor quando comparada aos ciclos anteriores, visto que utilização de médias diminui o coeficiente de variação (Tabela 33).

**Tabela 33.** Valores mínimos, máximos, médios, erro padrão e coeficiente de variação para as variáveis de produção das framboeseiras 'Heritage', 'Salmon', 'Golden Bliss', 'Frutopia C5' e seus híbridos HF ('Heritage' x 'Frutopia C5'), SF ('Salmon' x 'Frutopia C5') e GF ('Golden Bliss' x 'Frutopia C5').

|           | Prod.<br>Total (g) | Núm.<br>frutos          | Massa fruto<br>(g)         | Diâm. long.<br>fruto (mm) | Diâm. transv.<br>fruto (mm) |
|-----------|--------------------|-------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Mín.      | 180,1              | 54,4                    | 3,4                        | 17,6                      | 18,8                        |
| Máx.      | 676,8              | 170,2                   | 6,8                        | 25,0                      | 23,2                        |
| Média     | 413,4              | 102,8                   | 4,9                        | 20,9                      | 20,8                        |
| Erro pad. | 29,7               | 7,1                     | 0,2                        | 0,4                       | 0,3                         |
| CV (%)    | 31,3               | 30,2                    | 20,4                       | 9,4                       | 6,4                         |
|           | SST<br>(°Brix)     | Poda colheita<br>(dias) | Duração<br>colheita (dias) | Altura<br>planta (m)      | Diâmetro caule<br>(mm)      |
| Mín.      | 7,6                | 120,4                   | 28,0                       | 0,7                       | 8,7                         |
| Máx.      | 10,3               | 163,8                   | 89,6                       | 2,0                       | 10,2                        |
| Média     | 8,9                | 139,1                   | 57,4                       | 1,5                       | 9,5                         |
| Erro pad. | 0,2                | 3,0                     | 3,1                        | 0,1                       | 0,1                         |
| CV (%)    | 8,8                | 9,4                     | 23,6                       | 19,2                      | 4,6                         |

As análises de componentes principais mostraram que os dois primeiros componentes foram responsáveis por captar cerca de 75,2% da variação total dos dados, sendo 46,2% para componente principal 1 (CP1) e 29,0% para componente

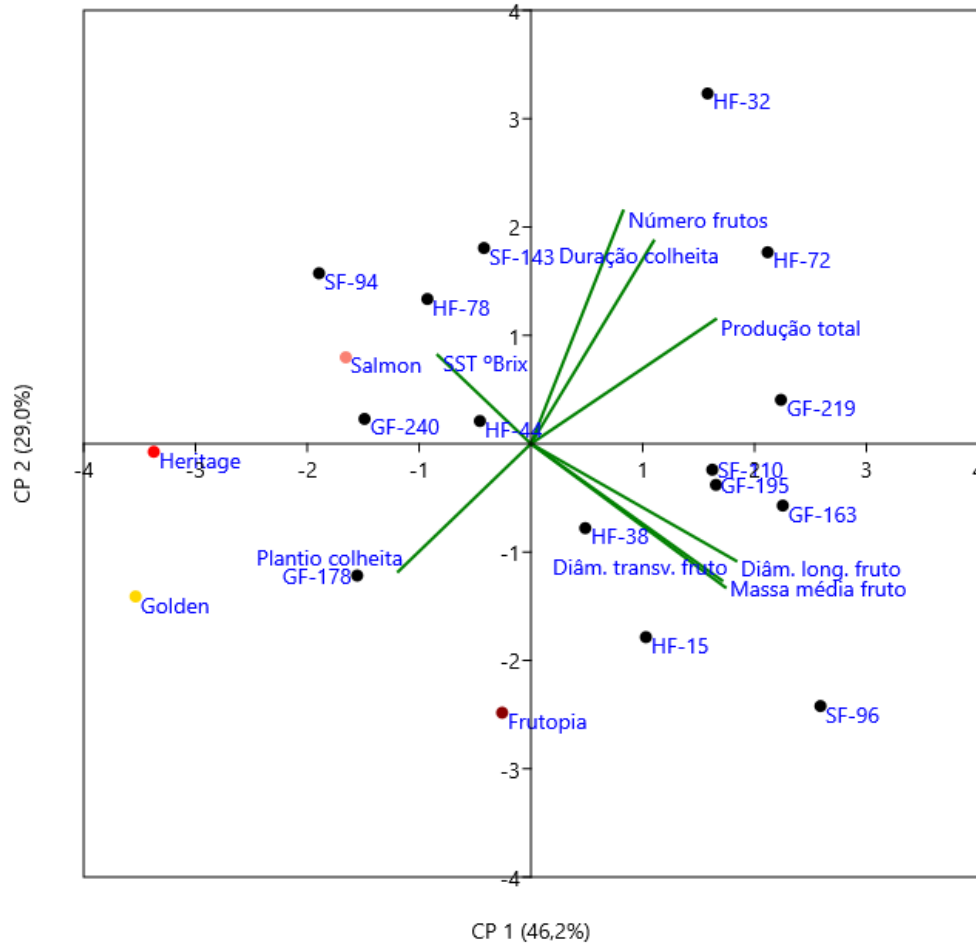


principal 2 (CP2). Para melhor interpretação dos dados, não foram utilizadas as variáveis 'altura da planta' e 'diâmetro do caule'. As principais variáveis que apresentaram maior poder discriminatório no CP1, foram: 'diâmetro longitudinal do fruto' (0,46), 'massa média do fruto' (0,43) e 'diâmetro transversal do fruto' (0,43) para correlação positiva, e 'sólidos solúveis totais' (-0,21) e 'plantio até a colheita' (-0,30) com correlação negativa (Tabela 34). Para CP2, apresentaram maior poder discriminatório, as variáveis: 'número de frutos' (0,54), 'duração da colheita' (0,47) e 'produção total' (0,41) para correlação positiva, e 'período de plantio até colheita' (-0,29), 'diâmetro transversal do fruto' (-0,31) e 'massa média do fruto' (-0,33) para correlação negativa (Tabela 34).

**Tabela 34.** Componentes principais CP1 e CP2 para cada variável de produção de framboeseiras 'Heritage', 'Salmon', 'Golden Bliss', 'Frutopia C5' e seus híbridos HF ('Heritage' x 'Frutopia C5'), SF ('Salmon' x 'Frutopia C5') e GF ('Golden Bliss' x 'Frutopia C5').

| Variáveis                   | CP1      | CP2      |
|-----------------------------|----------|----------|
| Produção total (g)          | 0,41269  | 0,28685  |
| Número de frutos            | 0,20593  | 0,53696  |
| Massa média fruto (g)       | 0,43414  | -0,33105 |
| Diâmetro long. fruto (mm)   | 0,45825  | -0,27000 |
| Diâmetro transv. fruto (mm) | 0,42685  | -0,31540 |
| SST (°Brix)                 | -0,20835 | 0,20441  |
| Plantio até colheita (dias) | -0,29649 | -0,29462 |
| Duração colheita (dias)     | 0,27439  | 0,46780  |

Por meio da análise de componentes principais (ACP), pode-se visualizar os contrastes entre as cultivares e os híbridos, para cada variável analisada (Figura 17).



**Figura 17.** Análise de componentes principais para framboeseiras ‘Heritage’, ‘Salmon’, ‘Golden Bliss’, ‘Frutopia C5’ e seus híbridos HF (‘Heritage’ x ‘Frutopia C5’), SF (‘Salmon’ x ‘Frutopia C5’) e GF (‘Golden Bliss’ x ‘Frutopia C5’).

A análise de componentes principais (ACP) para as médias dos parentais e de todas as híbridas, mostra grandes diferenças entre híbridas e parentais. No primeiro quadrante, onde localizam-se os híbridos HF-032, HF-072 e GF-219, há maior correlação com ‘produção total’, ‘número de frutos’ e ‘duração da colheita’. No segundo quadrante, foram observados os híbridos HF-044, HF-078, Sf-094, SF-143, GF-240 e a cultivar Salmon, sendo que para este quadrante há maior correlação com ‘sólidos solúveis totais’. No terceiro quadrante, observa-se a variável ‘período de plantio até a colheita’ muito correlacionada à híbrido GF-178, além de estarem localizadas as cultivares Heritage e Golden Bliss com menor correlação às variáveis de tamanho do fruto e o acesso Frutopia C5 localizado próximo ao eixo CP1, consequentemente com maior correlação com variáveis de tamanho do fruto. No quarto quadrante, encontram-se as variáveis relacionadas ao tamanho do fruto, com ‘massa média’, ‘diâmetro transversal’ e ‘diâmetro longitudinal’, assim os híbridos HF-015, HF-038, SF-096, SF-110, GF-163 e GF-195 localizados neste quadrante,

apresentam maiores correlações com a característica de maior tamanho do fruto. Além das análises de componentes principais, foi realizado teste de média com todas as variáveis (Tabela 35).

Para 'produção total', os híbridos HF-072 (676,8 g), GF-163 (608,1), GF-219 (559,9 g), HF-032 (555,4 g), SF-143 (510,4 g), GF-195 (498,5 g) e SF-110 (482,1 g) não tiveram diferença estatística entre si e foram superiores a todos os parentais e demais híbridos. As cultivares parentais não se diferenciaram estatisticamente entre si, com 'Salmon' (358,6 g), 'Frutopia C5' (314,2 g), 'Heritage' (275,0 g) e 'Golden Bliss' (180,1 g) em ordem decrescente para esta variável. Em relação a 'número de frutos', variável muito correlacionada à 'produção total', os híbridos HF-032 (166,6), HF-072 (170,2), HF-078 (117,4), SF-143 (136,4), GF-163 (117,0) e GF-219 (126,2) foram estatisticamente iguais, porém superiores aos parentais e demais híbridos. Para 'massa média do fruto', SF-096 apresentou média de 6,8 g e GF-163, média de 6,6 g, sendo iguais estatisticamente e superiores a todos os demais parentais e híbridos. Quando comparados os parentais, 'Frutopia C5' (5,9 g) foi superior às demais cultivares, com 'Salmon' (4,0 g), 'Golden Bliss' (3,8 g) e Heritage (3,5 g) não se diferenciando entre si. As variáveis de 'diâmetro longitudinal' e 'diâmetro transversal' do fruto apresentaram grande variação entre os materiais, porém muito correlacionadas ao peso do fruto. Para 'sólidos solúveis totais', sete híbridos (GF-240, SF-143, HF-78, GF-163, SF-94, HF-32 e HF-44) e três parentais ('Frutopia C5', 'Salmon' e 'Heritage') não apresentaram diferença entre si e foram superiores aos demais, com valores de 10,3 a 9,1 °Brix. A média geral foi de 8,9 °Brix. Para as variáveis 'período de plantio até a colheita' e 'duração da colheita', não houve diferença entre os materiais, com médias de 139,1 e 57,4 respectivamente. As variáveis 'altura de planta' e 'diâmetro do caule' apresentaram média gerais de 1,54 m e 9,55 mm, respectivamente. Houve diferença entre dois grupos para 'altura da planta', como valores que variaram de 2,0 a 1,6 m e outro grupo com valores de 1,5 a 0,7 m. Para 'diâmetro do caule' um grupo superior teve valores de 10,2 a 9,6 mm e outro grupo valores 9,5 a 8,7 mm.

Características visuais de frutos de para os parentais 'Frutopia C5', 'Heritage', 'Salmon' e 'Golden Bliss', podem ser observadas no Anexo A. Assim como no Anexo B, para os híbridos selecionados do cruzamento 'Heritage x Frutopia C5'; no Anexo C, para híbridos do cruzamento 'Salmon' x 'Frutopia C5'; e no Anexo D, para os híbridos do cruzamento 'Golden Bliss' x 'Frutopia C5'

**Tabela 35.** Dados médios de produção, crescimento vegetativo e qualidade dos frutos de framboeseiras 'Heritage', 'Salmon', 'Golden Bliss', 'Frutopia C5' e seus híbridos HF ('Heritage' x 'Frutopia C5'), SF ('Salmon' x 'Frutopia C5') e GF ('Golden Bliss' x 'Frutopia C5').

| Cultivar/<br>híbrido | Prod.<br>total (g) | Núm.<br>frutos | Massa<br>Fruto<br>(g) | Diâm.<br>Long.<br>(mm) | Diâm.<br>Transv.<br>(mm) | SST<br>(°Brix) | Plantio<br>colh.<br>(dias) | Dur.<br>Colh.<br>(dias) | Alt.<br>Planta<br>(m) | Diâm.<br>Caule<br>(mm) |
|----------------------|--------------------|----------------|-----------------------|------------------------|--------------------------|----------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------|
| 'Frutopia C5'        | 314,2 b            | 69,8 b         | 5,9 b                 | 21,9 a                 | 22,6 a                   | 9,6 a          | 161,8                      | 44,0                    | 1,6 a                 | 9,7 a                  |
| 'Heritage'           | 275,0 b            | 94,4 b         | 3,5 c                 | 17,6 b                 | 19,2 b                   | 9,4 a          | 163,8                      | 43,2                    | 1,8 a                 | 9,9 a                  |
| 'Salmon'             | 358,6 b            | 109,4 b        | 4,0 c                 | 19,1 b                 | 19,5 b                   | 9,5 a          | 141,0                      | 52,8                    | 1,9 a                 | 10,2 a                 |
| 'Golden B.'          | 180,1 b            | 54,4 b         | 3,8 c                 | 18,2 b                 | 18,8 b                   | 8,8 b          | 147,6                      | 28,0                    | 1,9 a                 | 10,2 a                 |
| HF-015               | 312,8 b            | 65,6 b         | 5,7 b                 | 23,0 a                 | 22,0 a                   | 8,3 b          | 125,6                      | 51,4                    | 1,3 b                 | 9,4 b                  |
| HF-032               | 555,4 a            | 166,6 a        | 4,5 c                 | 20,5 b                 | 20,7 b                   | 9,1 a          | 120,4                      | 89,6                    | 1,5 b                 | 9,7 a                  |
| HF-038               | 386,0 b            | 85,0 b         | 5,1 b                 | 21,0 a                 | 21,3 a                   | 7,6 b          | 139,8                      | 61,6                    | 1,7 a                 | 9,9 a                  |
| HF-044               | 363,0 b            | 107,6 b        | 4,6 c                 | 21,3 a                 | 20,1 b                   | 9,1 a          | 144,6                      | 61,2                    | 1,6 a                 | 9,6 a                  |
| HF-072               | 676,8 a            | 170,2 a        | 5,1 b                 | 22,3 a                 | 20,4 b                   | 8,0 b          | 132,8                      | 65,4                    | 1,6 a                 | 9,6 a                  |
| HF-078               | 404,0 b            | 117,4 a        | 4,1 c                 | 19,3 b                 | 19,8 b                   | 9,6 a          | 128,8                      | 56,8                    | 1,4 b                 | 8,8 b                  |
| SF-094               | 263,2 b            | 87,5 b         | 3,4 c                 | 18,5 b                 | 19,1 b                   | 9,6 a          | 123,5                      | 69,8                    | 1,5 b                 | 9,6 a                  |
| SF-096               | 409,2 b            | 76,4 b         | 6,8 a                 | 25,0 a                 | 23,2 a                   | 8,3 b          | 129,0                      | 49,6                    | 1,1 b                 | 9,0 b                  |
| SF-110               | 482,1 a            | 92,8 b         | 5,4 b                 | 21,6 a                 | 22,1 a                   | 8,0 b          | 132,3                      | 70,3                    | 1,7 a                 | 9,8 a                  |
| SF-143               | 510,4 a            | 136,4 a        | 4,3 c                 | 19,2 b                 | 20,2 b                   | 9,8 a          | 137,2                      | 62,0                    | 0,7 c                 | 8,7 b                  |
| GF-163               | 608,1 a            | 117,0 a        | 6,6 a                 | 23,3 a                 | 22,3 a                   | 9,6 a          | 139,4                      | 53,2                    | 1,3 b                 | 9,3 b                  |
| GF-178               | 351,9 b            | 91,8 b         | 4,3 c                 | 20,2 b                 | 19,8 b                   | 7,7 b          | 162,0                      | 40,5                    | 2,0 a                 | 10,2 a                 |
| GF-195               | 498,6 a            | 98,6 b         | 5,9 b                 | 21,9 a                 | 21,9 a                   | 8,5 b          | 136,8                      | 66,6                    | 1,4 b                 | 9,1 b                  |
| GF-219               | 559,9 a            | 126,2 a        | 5,6 b                 | 22,8 a                 | 21,8 a                   | 8,5 b          | 127,8                      | 65,4                    | 1,6 a                 | 9,5 b                  |
| GF-240               | 344,6 b            | 87,0 b         | 4,4 c                 | 20,1 b                 | 20,0 b                   | 10,3 a         | 149,0                      | 59,8                    | 1,6 a                 | 9,4 b                  |
| Média<br>geral       | 413,4              | 102,8          | 4,9                   | 20,9                   | 20,8                     | 8,9            | 139,1                      | 57,4                    | 1,5                   | 9,5                    |
| Fc                   | 2,9*               | 2,8*           | 7,6*                  | 6,3*                   | 6,4*                     | 6,1*           | NS                         | NS                      | 4,3*                  | 2,4*                   |
| CV (%)               | 40,3               | 40,3           | 16,2                  | 8,3                    | 5,5                      | 7,7            | 20,6                       | 45,1                    | 20,5                  | 6,5                    |

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de agrupamento de médias Scott-Knott.



## 5. DISCUSSÃO

O melhoramento de framboeseiras é baseado no ganho genético de geração em geração, por meio da seleção e cruzamento de indivíduos que apresentam potencial de produzir progênies superiores (Graham e Jennings, 2009). Os programas de melhoramento em todo mundo compartilham objetivos comuns e específicos, influenciados por condições edafoclimáticas, exigência do mercado consumidor, germoplasma disponível e disponibilidade recursos financeiros. No entanto, os principais objetivos dos programas de melhoramento estão ligados principalmente à produtividade, à qualidade dos frutos e à tolerância a estresses abióticos e bióticos (Jennings, 2018).

No Brasil, não há programas de melhoramento de framboeseiras e a disponibilidade de cultivares aos produtores é escassa. Este trabalho buscou dar suporte ao melhoramento de framboeseiras no Brasil, selecionando híbridos que possam ser úteis ao desenvolvimento de novas cultivares. Para isso, foram utilizados inicialmente um total de 240 híbridos, com três progênies de 80 híbridos cada. Ainda que sejam recomendadas populações maiores, com mais progênies, o número utilizado foi suficiente para a realização do estudo (Hall et al., 2009).

Segundo Giongo et al. (2011), no melhoramento de framboeseiras, a fenotipagem é de fundamental importância, mesmo com o advento de técnicas mais acessíveis de genotipagem. Porém, a fenotipagem pode ser afetada pelas condições climáticas do local de estudo, embora em alguns casos o uso de locais diferentes ou de ambiente controlado possa ser útil. Este estudo foi realizado em dois locais com climas diferentes, segundo classificação de Köppen-Geiger (1928), sendo Piracicaba, SP, com clima Cwa (subtropical úmido), e São Bento do Sapucaí, SP, com clima Cwb (subtropical de altitude). Os diferentes locais podem ter influenciado no comportamento e na seleção dos híbridos.

A utilização de análise de componentes principais (ACP), mostrou-se uma ferramenta útil para a seleção de híbridos e caracterização de germoplasmas para diversos cultivos, como morangueiro (Kim et al., 2009) e pessegueiro (Nowicka et al., 2019). Tobar-Tosse et al. (2015) utilizaram a ACP como ferramenta que permitiu a identificação de variáveis de rendimento e propriedades funcionais para caracterização de genótipos de soja-hortaliça. Rodrigues et al. (2020), identificaram através da ACP, as principais variáveis para caracterização de genótipos de algodoeiro. Para framboeseiras, Dosett et. al. (2012) utilizaram a ferramenta como

complemento para análise da diversidade genética de genótipos de framboeseiras negras (*Rubus occidentalis*). Lācis et al. (2017) em trabalho avaliando quarenta e uma cultivares de framboeseira vermelha, relataram que a ACP apresentou uma boa aplicabilidade na caracterização de germoplasmas, com base em um conjunto completo de características, o que não é possível pela análise das características separadas.

No primeiro ciclo de produção, quando os híbridos foram propagados por sementes, as plantas ainda não apresentaram valores expressivos de produção de frutos, o que levou a não avaliação de análises mais específicas de qualidade frutos. Esta baixa produção, com poucos frutos por planta, pode ser explicada pela juvenilidade das plantas oriundas de sementes (Heide, 2019). Segundo Barney et al. (2007), o potencial de produção de framboeseiras é alcançado no terceiro ano após o plantio. Devido a esse fato, no primeiro ciclo, ainda que a ACP tenha indicado pela seleção de certos híbridos em detrimento a outros, foram consideradas características visuais dos frutos para a primeira seleção. Segundo Gallardo et al. (2012), a aparência dos frutos é um fator muito utilizado por melhoristas de framboeseiras para a desenvolvimento de cultivares. Brennan e Graham (2009), citam que as características visuais e tamanho dos frutos são fatores muito importantes para consumidores e para produtores de framboesas.

Na seleção, nos dois primeiros ciclos, não foram realizadas comparação entre as progênes de nenhuma das variáveis, ainda que essa comparação possar ser interessante do ponto de vista da escolha de híbridos que possam ser utilizados em novas hibridações. A variável de maior importância para a seleção, em todos os ciclos, foi produção total. Outras variáveis de maior importância foram massa média do fruto e sólidos solúveis totais. A partir do segundo ciclo, após a seleção inicial, além das variáveis relacionadas à produção, se buscou adicionar as características de qualidade dos frutos como variáveis de seleção. A quantificação de antocianinas e a colorimetria não foram utilizadas como variáveis de seleção, mas serviram como referência para melhor percepção das características visuais dos frutos de cada híbrido. Segundo Palonen e Weber (2019), a coloração vermelha é típica das antocianinas e o conteúdo total de antocianinas em framboesas está correlacionado com a cor visível do fruto, de maneira que para frutos de coloração amarela, esta concentração é baixa. Os híbridos deste trabalho apresentaram grande variação nos níveis de antocianinas, com valores compatíveis quando comparados aos resultados

de outros estudos para quantificação de antocianinas em frutos liofilizados. Wang e Lin (2000) apresentaram valores próximos, para antocianinas em frutos liofilizados para cultivares de frutos vermelhos, como 'Autumn Bliss' (431,1 mg 100g<sup>-1</sup>), 'Canby' (260,9 mg 100g<sup>-1</sup>), 'Sentry' (303,4 mg 100g<sup>-1</sup>) e 'Summit' (571,8 mg 100g<sup>-1</sup>). Segundo Wu et al. (2021) há pequena diferença nos metabólitos entre framboesas vermelhas e framboesas amarelas, ainda que as quantidades de antocianinas sejam bastante diferentes. Para frutos de coloração amarela, os híbridos apresentaram números similares ao trabalho de Bobinaité et al. (2012), que indicaram que a cultivar Beglianka possui a quantidade de 2,1 mg 100g<sup>-1</sup> de fruto liofilizado.

Para colorimetria, os híbridos apresentaram resultados diversos para frutos de coloração vermelha e coloração amarela, dentro de cada progênie. Segundo Finn e Clark (2012), a cor adequada dos frutos é essencial para o sucesso de uma nova cultivar. Em framboeseiras vermelhas, para o mercado frutos frescos a cor deve ser brilhante e menos intensa, enquanto para processamento a cor deve ser mais intensa. Os dados mostraram grande variabilidade de cores para os híbridos, com frutos de coloração vermelha mais e menos intensa, além dos frutos de coloração amarela. Após a seleção para o último ciclo de avaliação, todos os híbridos da progênie 'Heritage' x 'Frutopia C5' possuíam frutos de coloração vermelha, enquanto para as progênies 'Salmon' x 'Frutopia C5' e 'Golden Bliss' x 'Frutopia C5', foram selecionados, respectivamente, dois híbridos e um híbrido com frutos de coloração amarela. Ainda que as framboesas de coloração amarela possam ser um diferencial para produtores que buscam nichos de mercado, de maneira geral, consumidores têm preferência por frutos vermelhos. Como exemplo, segundo Brown (2013), em um estudo sobre a preferência de consumidores para os frutos de várias cultivares de framboeseiras, a única cultivar de frutos amarelos ('Anne') foi classificada como a menos preferida, ainda que apresentasse maiores níveis de sólidos solúveis que as demais. Os valores de luminosidade são representados em uma escala de 0 a 100, quanto mais próximo a 0, mais escuro e mais próximo a 100, mais claro. A cromaticidade é um índice relacionado à intensidade e saturação, de maneira que quanto maior o valor, mais intensa a cor (McGuire, 1992). O ângulo Hue indica a tonalidade da cor, e segundo Amarante et al. (2009) é representado em uma escala das cores vermelho (0°), amarelo (90°), verde (180°) e azul (270°). A nível de comparação com outros autores, Maro (2011) encontrou médias de luminosidade, cromaticidade e ângulo Hue, para quatro cultivares de coloração vermelha, de 28,9, 30,8 e 15,5 °Hue; e de 59,4, 25,0 e



85,7 °Hue, para a cultivar Golden Bliss, ambas para condições de cultivo de São Bento do Sapucaí, SP. Segundo Maro et al. (2014), as condições ambientais podem afetar as características dos frutos.

A concentração de sólidos solúveis totais também é uma variável importante a ser considerada, tanto para o mercado de frutos frescos, quanto para frutos destinados ao processamento. A falta de açúcares no fruto é considerada uma causa de um desequilíbrio no sabor, o que conseqüentemente diminui o interesse de consumidores (Hall et al., 2009). Segundo Contreras et al. (2021), o valor mínimo de sólidos solúveis aceitável para o sabor de framboesas é de 8,0 °Brix. Em geral os híbridos selecionados neste trabalho apresentaram média próxima a 8,5 °Brix. Para os 15 híbridos selecionados no último ciclo, a média de sólidos solúveis foi de 8,9 °Brix. Segundo Jennings (1988), frutos de framboeseiras cultivadas em regiões com temperaturas mais elevadas, são mais aromáticos, têm maior concentração açúcares e apresentam coloração mais intensa, quando comparados a frutos de regiões com clima ameno, porém outros fatores ambientais pontuais podem influenciar as características dos frutos. Em estudo de comparação de genótipos, Cornamusaz et al. (2021) encontram valores de sólidos solúveis totais que variaram de 5,5 °Brix e 9,8 °Brix. Maro et al. (2014) relatam valores de 9,2 °Brix para 'Heritage', 9,6 °Brix para 'Golden Bliss', em condições de cultivo em São Bento do Sapucaí, SP. Frías-Moreno et al. (2021) relatam sólidos solúveis de 11,0 °Brix para cultivar Heritage e 10,5 °Brix para 'Golden Bliss', em condições de cultivo do norte do México.

O período entre o plantio até a colheita e a duração da colheita, têm influência do genótipo, mas também do clima e do local de plantio. Para o primeiro ciclo, estas variáveis foram pouco importantes, devido à menor produção de frutos e a juvenilidade observada nas plantas. No segundo e terceiro ciclo, houve diferenças para as variáveis, possivelmente devido ao clima dos locais, com média geral entre o plantio até a colheita e duração da colheita de 86 dias e 51 dias, respectivamente, para o segundo ciclo em Piracicaba, e 139 dias e 57 dias para São Bento do Sapucaí no terceiro ciclo. Certo de que o número de híbridos do segundo e terceiro ciclo foram diferentes, entretanto, pode-se observar que o clima mais ameno de São Bento do Sapucaí fez com que aumentasse o período entre o plantio e a colheita, e influenciasse menos, em relação ao clima de Piracicaba, quanto ao período de duração da colheita. Na região de Lavras, MG, Maro et al. (2012) relataram média 68 dias de duração de colheita para quatro cultivares, assim como Weber (2019) que

relata média de 70 dias de duração de colheita para sete cultivares remontantes para condições do estado de Nova York, EUA.

Produção total e massa média do fruto foram as principais variáveis utilizadas para a seleção. No segundo ciclo, para produção total, as médias gerais foram maiores para as progênies HF e GF, e parecidas para massa média do fruto. No terceiro ciclo, quando se comparou com os parentais, para médias gerais de produção total e massa média do fruto, em ambas as variáveis os híbridos foram superiores às médias gerais dos parentais. Em comparação a outros autores, Marchi et al. (2019) encontraram produção total de 201,6 g/planta e massa média do fruto de 2,0 g para a cultivar Heritage em Pelotas, RS. Moura et al. (2012) encontraram valores de produção total de 543,5 g/planta e massa média do fruto de 2,6 g para 'Heritage' e 666,7 g/planta e com massa média de 2,1 g para 'Golden Bliss', porém somando os ciclos de verão e outono, para condições de plantio em campo aberto em Lavras, MG. Os valores encontrados de massa média do fruto para os principais híbridos deste trabalho foram superiores aos relatados na literatura para produção de framboeseiras no Brasil.

Ainda que os híbridos selecionados tenham apresentado boas características quando comparados aos seus parentais, são necessários mais estudos para certificar a estabilidade de produção. Segundo Hernández-Bautista et al. (2017), após a seleção de híbridos superiores, uma nova seleção recorrente destes híbridos é um método que deve ser utilizado para obtenção de cultivares. Desta forma, os híbridos selecionados neste trabalho também devem ser utilizados em novos cruzamentos futuros entre si e outros genótipos.



## **6. CONCLUSÕES**

Os híbridos selecionados apresentam características superiores aos genótipos parentais, relacionados a produção e qualidade de frutos.

Os híbridos HF-072, GF-163, GF-219, HF-032, SF-143, GF-195 e SF-110 são os mais produtivos, podendo atender o mercado de fruta fresca e processado.

Os híbridos SF-096 e GF-163 são os que apresentam maior massa média dos frutos, podendo atender o mercado de fruta fresca.



## REFERÊNCIAS

- Abaurre MEO, Zanuncio JS, Balbino JMS, Guarçoni RC, Costa H (2017) **Framboesa: Cultivo e Pós-Colheita na Região Serrana do Espírito Santo**. Incaper. 3:26.
- Amarante CVTD, Zanardi OZ, Miqueloto A, Steffens CA, Erhart J, Almeida JAD (2009) Quantificação da área e do teor de clorofilas em folhas de plantas jovens de videira 'Cabernet Sauvignon' mediante métodos não destrutivos. **Revista Brasileira de Fruticultura**. 31:680-686.
- Barbosa CMA, Martins MMV, Spóstio MB (2019) Panorama das Exportações e Importações Brasileiras de Framboesas e Amoras-pretas in natura. In: **X Seminário Brasileiro Sobre Pequenas Frutas, Vacaria. Anais do X Seminário Brasileiro sobre Pequenas Frutas**. v. 1.
- Barney DL, Bristow P, Cogger CG, Fitzpatrick SM, Hart JM, Kaufman D, Tanigoshi LK (2007) Commercial red raspberry production in the Pacific Northwest. Corvallis, OR. **Oregon State University, Pacific Northwest Extension**. Disponível em: <https://ir.library.oregonstate.edu/downloads/h702q667h>. Acesso em: 27 Janeiro 2022.
- Bobinaitė R, Viškelis P, Venskutonis PR (2012) Variation of total phenolics, anthocyanins, ellagic acid and radical scavenging capacity in various raspberry (*Rubus* spp.) cultivars. **Food Chemistry**. 132(3):1495-1501.
- Brennan R, Graham J (2009) Improving fruit quality in *Rubus* and *Ribes* through breeding. **Functional Plant Science and Biotechnology**. 3(1):22-29.
- Brown D (2013) Consumer preferences for high-tunnel raspberry varieties. **Michigan State University Extension**. Disponível em: [https://www.canr.msu.edu/news/consumer\\_preferences\\_for\\_high\\_tunnel\\_raspberly\\_varieties](https://www.canr.msu.edu/news/consumer_preferences_for_high_tunnel_raspberly_varieties). Acesso em: 27 Janeiro 2022.
- Caminiti A, Silveira CAP, Antunes LEC, Potes ML, Pagot E (2016) **Técnicas de produção de framboesa e mirtilo**. Brasília, Embrapa Clima Temperado. 1:11-24.
- Campagnolo MA (2012) **Enraizamento de estacas, sistemas de poda e seleção de cultivares de amoreiras e framboeseiras para regiões subtropicais**. Tese. Universidade do Oeste do Paraná:100 pp.
- Cantuarias-Avilés T, Silva SR, Medina RB, Moraes AFG, Alberti MF (2014) Cultivo do mirtilo: atualizações e desempenho inicial de variedades de baixa exigência em frio no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**. 36(1):139-147.
- Carter KA, Liston A, Bassil NV, Alice LA, Bushakra JM, Sutherland BL, Hummer KE (2019) Target capture sequencing unravels *Rubus* evolution. **Frontiers in Plant Science**. 10:1615.

- Contreras C, Hermosilla A, Contreras É, Naranjo P, Zoffoli JP, Gambardella M (2021) Postharvest physiology and storage potential of new Chilean raspberry cultivars. **Chilean Journal of Agricultural Research**. 81(2):161-171.
- Contreras E, Grez J, Gambardella M (2015) Scarification and stratification protocols for raspberry (*Rubus idaeus* L.) seed germination. In: **XI International Rubus and Ribes Symposium**. 1133:153-158.
- Cornamusaz R, Luz F, Oliveira PB, Moncada M, Câmara MB (2021) Study of the Phenolic Content and the Antioxidant Capacity of *Rubus idaeus* L. Genotypes within the Development of a National Cultivar. In: **Medical Sciences Forum**. Multidisciplinary Digital Publishing Institute. 5(1):41.
- Dale A, McNicol RJ, Moore PP, Sjulín TM (1989) Pedigree analysis of red raspberry. **Acta Hortic**. 262:35–39.
- Darrow GM (1937) Blackberry and Raspberry Improvement, **USDA Yearbook of Agriculture**. Government Printing Office, Washington, DC. 496–533.
- Daubeny HA (1983) Expansion of genetic resources available to red raspberry breeding programmes. In: **Proceedings of the 21st Horticultural Congress**. 1:150–155.
- Daubeny HA (1996) Brambles. In: Janick JE, Moore JN (Eds.) **Fruit breeding, tree and tropical fruit**. J. Wiley, New York. v.1.
- Delaplane KS, Mayer DF (2000) **Crop pollination by bees: raspberry**. CAB International. Wallington, Oxon. 251-252.
- Dossett, M.; Bassil NV, Lewers KS, Finn CE (2012) Genetic diversity in wild and cultivated black raspberry (*Rubus occidentalis* L.) evaluated by simple sequence repeat markers. **Publications from USDA-ARS / UNL Faculty**. 1243.
- Eriksson L, Byrne T, Johansson E, Trygg J, Vikström C (2013) **Multi-and megavariate data analysis basic principles and applications** (Vol. 1). Umetrics Academy. Umeå.
- Fagundes CDM, Moreira RM, Ramm A, Schuch MW, Tomaz ZFP (2017) Activated charcoal in the in vitro establishment of raspberry cultivars. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. 16(4):406-413.
- FAO (2021) FAOSTAT: **Agricultural data**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 28 Outubro 2021.
- Ferreira DF (2011) Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**. 35:1039-1042.
- Finn CE, Clark JR (2012) Blackberry. In: Badenes ML, Byrne DH (Eds.) **Fruit breeding** (Vol. 8). Springer Science & Business Media. New York, NY, USA, 151-190.

- Foster TM, Bassil NV, Dossett M, Worthington ML, Graham J (2019) Genetic and genomic resources for *Rubus* breeding: a roadmap for the future. **Horticulture Research**. 6:116.
- Frías-Moreno MN, Parra-Quezada RÁ, Ruíz-Carrizales J, González-Aguilar GA, Sepulveda D, Molina-Corral FJ, Olivas GI (2021) Quality, bioactive compounds and antioxidant capacity of raspberries cultivated in northern Mexico. **International Journal of Food Properties**. 24(1):603-614.
- Funt RC (2013) Growth and Development. In: Funt RC, Hall HK (Ed.). **Raspberries**. Crop Production Science in Horticulture, Series 23. **CABI**. Boston. 21-31.
- Gallardo RK, Nguyen D, McCracken V, Yue C, Luby J, McFerson, JR (2012) An investigation of trait prioritization in rosaceous fruit breeding programs. **HortScience**. 47(6):771-776.
- Gambardella M, Contreras E, Alcalde J, Neri D (2015) Phenotyping primocane fruiting trait in raspberry (*Rubus idaeus*). In: **XI International Rubus and Ribes Symposium**. 1133:67-74.
- Gevrenova R, Badjakov I, Nikolova M, Doichinova I (2013) Phenolic derivatives in raspberry (*Rubus* L.) germplasm collection in Bulgaria. **Biochemical Systematics and Ecology**. 50:419-427.
- Giongo L, Palmieri L, Grassi A, Grisenti M, Poncetta P, Velasco R (2011) Phenotyping and genotyping of *Rubus* germplasm for the improvement of quality traits in the raspberry breeding program. In: **X International Rubus and Ribes Symposium**. 946:77-81.
- Gordon SC, Williamson B, Graham J (2006) Current and future control strategies for major arthropod pests and fungal diseases of red raspberry (*Rubus idaeus*) in Europe. **CROPS: Growth, Quality and Biotechnology**. Dris WFL Publisher, Finland 925-950.
- Graham J, Brennan R (2018) Introduction to the *Rubus* Genus. In: Graham J, Brennan R (Eds.) **Raspberry: breeding, challenges and advances**. Springer. 1-16.
- Graham J, Hein I, Powell W (2007) Raspberry. In: Kole C (Ed.) **Fruits and nuts**. Springer. Berlin, Heidelberg. 207-216.
- Graham J, Jennings SN (2009) Raspberry breeding. In: Jain SM, Priyadarshan M (Eds.) **Breeding tree crops**. IBH & Science Publication. Oxford, UK. 233-248.
- Graham J, Smith K, McCallum S, Hedley P, Cullen D, Dolan A, Milne L, McNicol J, Hackett C (2015) **Towards an understanding of crumbly fruit in red raspberry**. Springerplus. 4-223.
- Graham J, Woodhead M (2009) Raspberries and blackberries: The genomics of *Rubus*. In: Folta KM, Gardiner SE (Eds.) **Genetics and genomics of Rosaceae**. Springer. New York. 6:507-524.



- Haffner K, Rosenfeld HJ, Skrede G, Wang L (2002) Quality of red raspberry *Rubus idaeus* L. cultivars after storage in controlled and normal atmospheres. **Postharvest Biology and Technology**. 24(3):279-289.
- Hall HK, Hummer K, Jamieson AJ, Jennings SN, Weber CA (2009) Raspberry breeding and genetics. In: Janick J (Ed.) **Plant Breeding Reviews** (Vol. 32). John Wiley & Sons. 32:39-344.
- Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD (2001) PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**. 4(1).
- Heide OM (2019) Juvenility, maturation and rejuvenation in plants: adventitious bud formation as a novel rejuvenation process. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**. 94(1):2-11.
- Herckens K, Boonen M, Bylemans D (2019) Year round production of the primocane raspberry 'Kwanza'. **Acta Horti**. 1265:145-152.
- Hernández-Bautista A, Lobato-Ortiz R, García-Zavala JJ, Chávez-Servia JL, Mejía-Contreras JA, García-Velazquez JA (2017) Breeding potential of raspberry primocane selections based on their combining abilities. **Canadian Journal of Plant Science**. 98(1):28-37.
- Hummer KE, Hall HK (2013) Raspberries. In: Funt RC, Hall HK (Ed.) **Raspberries. Crop Production Science in Horticulture, Series 23**. CABI. Boston. 1-19.
- Hummer KE, Janick J (2007) *Rubus* iconography: antiquity to the renaissance. **Acta Horticulturae**. 759:89–106.
- Jennings DL (1988) **Raspberries and blackberries: their breeding, diseases and growth**. Academic. San Diego, California. 230.
- Jennings SN (2018) Advances in *Rubus* Breeding. In: Graham J, Brennan R. **Raspberry: breeding, challenges and advances**. Springer. 17-28.
- Jovanović SS, Veljović SP, Cvijović JD (2018) Intellectual property protection for plants: Raspberry. **Outlook on Agriculture**. 47(2):93-100.
- Keep E (1897) **Raspberry plant -- Autumn Bliss cultivar**. Depositante: Elizabeth Keep. USPP6597P. Depósito: 14 abr. 1987. Concessão: 09 out. 1989. Disponível em: <https://patents.google.com/patent/USPP6597P/en>. Acesso em: 12 dez. 2021.
- Kim D, Yoon M, Kwak J, Kim T, Kim J (2009) Classification of strawberry germplasms based on horticultural traits and principal component analysis. **Korean Journal of Horticultural Science & Technology**. 27(4):636-643.
- Köppen W, Geiger R (1928) **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. Wall-map 150cmx200cm. 91-102.

- Lācis G, Kota-Dombrovska I, Strautiņa S (2017) Evaluation of red raspberry cultivars used for breeding and commercial growing in the Baltic region. In: **Proceedings of the Latvian Academy of Sciences**. 71(3):203.
- Lees DH, Francis, FJ (1972) Standardization of pigment analyses in cranberries. **HortScience**. 7:83-84.
- Lim, KY, Leitch, IJ, Leitch, AR (1998) Genomic characterisation and the detection of raspberry chromatin in polyploid *Rubus*. **Theoretical and Applied Genetics**. 97(7):1027-1033.
- Liu M, Li XQ, Webber C, Lee CY, Brown J, Liu RH (2002) Antioxidant and antiproliferative activities of raspberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. Washington. 8(50):2926-30.
- Maro LAC, Pio R, Guedes MNS, Abreu CMP, Curi PN (2013) Bioactive compounds, antioxidant activity and mineral composition of fruits of raspberry cultivars grown in subtropical areas in Brazil. **Fruits**. 68(3):209-217.
- Maro LAC, Pio R, Santos Guedes MN, Abreu CMP, Moura PHA (2014) Environmental and genetic variation in the post-harvest quality of raspberries in subtropical areas in Brazil. **Acta Scientiarum: Agronomy**. 36(3):323-328.
- Maro LAC, Pio R, Silva TC, Patto LS (2012) Ciclo de produção de cultivares de framboeseiras (*Rubus idaeus*) submetidas à poda drástica nas condições do sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal. 34:435-441.
- McGuire RG (1992). Reporting of objective color measurements. **HortScience**. 27(12):1254-1255.
- Molina-Bravo R, Arellano C, Sosinski BR, Fernandez GE (2011) A protocol to assess heat tolerance in a segregating population of raspberry using chlorophyll fluorescence. **Scientia Horticulturae**. 130(3):524-530.
- Moura PHA (2012) **Fenologia e produção de cultivares de framboeseiras e 'Boysenberry' em clima tropical de altitude com inverno ameno**. Dissertação. Universidade Federal de Lavras. Lavras. 49pp.
- Moura PHA, Campagnolo MA, Pio R, Curi PN, Assi, CND, Silva TC (2012) Fenologia e produção de cultivares de framboeseiras em regiões subtropicais no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 47:1714-1721.
- Nowicka P, Wojdyło A, Laskowski P (2019) Principal component analysis (PCA) of physicochemical compounds' content in different cultivars of peach fruits, including qualification and quantification of sugars and organic acids by HPLC. **European Food Research and Technology**. 245(4):929-938.
- Oliveira PB, Oliveira CM, Lopes-da-Fonseca L, Monteiro AA (1996) Off-season production of primocane-fruiting red raspberry using summer pruning and polyethylene tunnels. **HortScience**. 31(5):805-807.

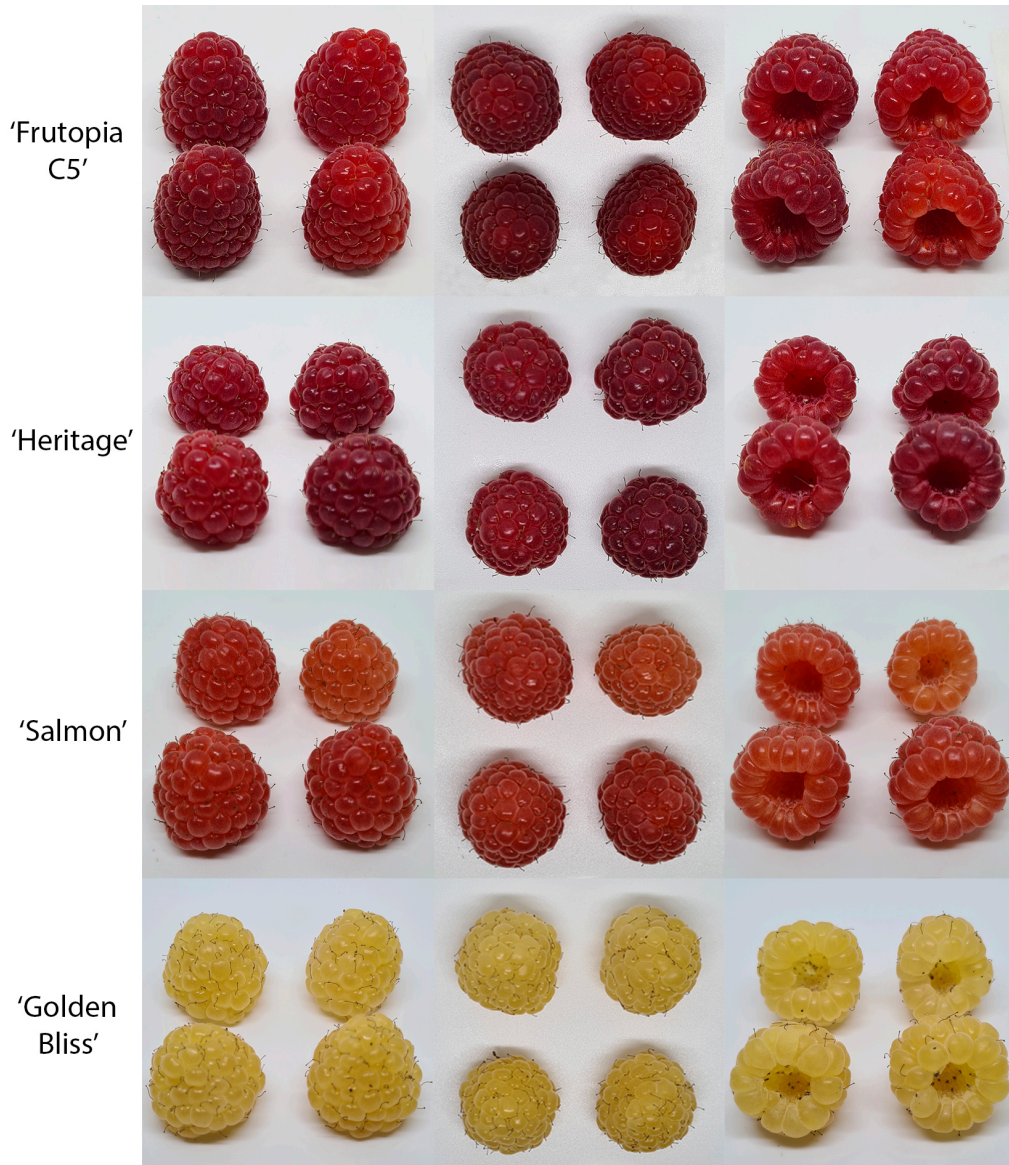
- Oliveira PB, Valdivieso T, Esteves A, Mota M, Fonseca LL (2007) A planta da Framboesa - Morfologia e Fisiologia. **Folhas de divulgação AGRO**. 556(1):5-16.
- Palonen P, Weber CA (2019) Fruit color stability, anthocyanin content, and shelf life were not correlated with ethylene production rate in five primocane raspberry genotypes. **Scientia Horticulturae**. 247:9-16.
- Pio R (2014) Cultivo da framboeseira. In: Pio R (Ed.) **Cultivo de fruteiras de clima temperado em regiões subtropicais e tropicais**. Editora UFLA. Lavras. 1:223-248.
- Pritts M (2008) Primocane-fruited raspberry production. **HortScience**. 43(6):1640-1641.
- Raseira MCB, Gonçalves ED, Trevisan R, Antunes LEC (2004) **Aspectos técnicos da cultura da framboeseira**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado (Documento, 120) 22.
- Rodrigues J, Henrique FH, Piedade SMDS, Laca-Buendía JP (2020) Análise de componentes principais para o comportamento morfológico e agrônômico de genótipos de algodoeiro no município de Uberaba–MG. **Revista Brasileira De Biometria**. 38(4):418-427.
- Tezotto-Uliana JV, Kluge RA (2013) **Framboesa: cultura alternativa para pequenas propriedades rurais em regiões subtropicais**. (Série Produtor Rural, 55). Piracicaba: ESALQ - Divisão de Biblioteca. 33 p.
- Tobar-Tosse DE, Castoldi R, Candido WDS, Ferraudo AS, Charlo HCDO, Braz LT (2015) Caracterização de genótipos de soja-hortaliça por análise de componentes principais. **Ciência Rural**. 45:1214-1219.
- USITC - United States International Trade Commission (2021) **Raspberries for Processing: Conditions of Competition Between U.S. and Foreign Suppliers, With a Focus on Washington State**. Disponível em: <https://www.federalregister.gov/documents/2020/05/20/2020-10893/raspberries-for-processing-conditions-of-competition-between-us-and-foreign-suppliers-with-a-focus> Acesso em: 12 de dezembro de 2021
- Volk GM, Olmstead JW, Finn CE, Janick J (2013) The ASHS outstanding fruit cultivar award: a 25-year retrospective. **HortScience**. 48(1):4-12.
- Wang SY, Lin HS (2000) Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with cultivar and developmental stage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 48(2):140-146.
- Weber CA (2013) Cultivar development and selection. In: Funt RC, Hall HK (Ed.). **Raspberries: crop production**. (Science in Horticulture, 23). CABI. Boston. 55-72.

- Weber CA (2018) High tunnel performance of seven primocane red raspberry cultivars in western NY. **Journal of the American Pomological Society**. 72(3):195-201.
- Wu Y, Zhang C, Huang Z, Lyu L, Li J, Li W, Wu W (2021) The Color Difference of *Rubus* Fruits is Closely Related to the Composition of Flavonoids including Anthocyanins. **LWT**. 149:111825.
- Xu QA (2016) **Growth and yield of red raspberries cultivated under open field condition vs. high tunnel or rain shelter in the northern Canadian climate**. Doctorate Thesis. Université Laval. 180 pp.
- Zhukovsky PM (1964) **Cultivated plants and their wild relatives**. Systematics, geography, cytogenetics, ecology, origin and use. Kolos. Leningrad. 3:792.



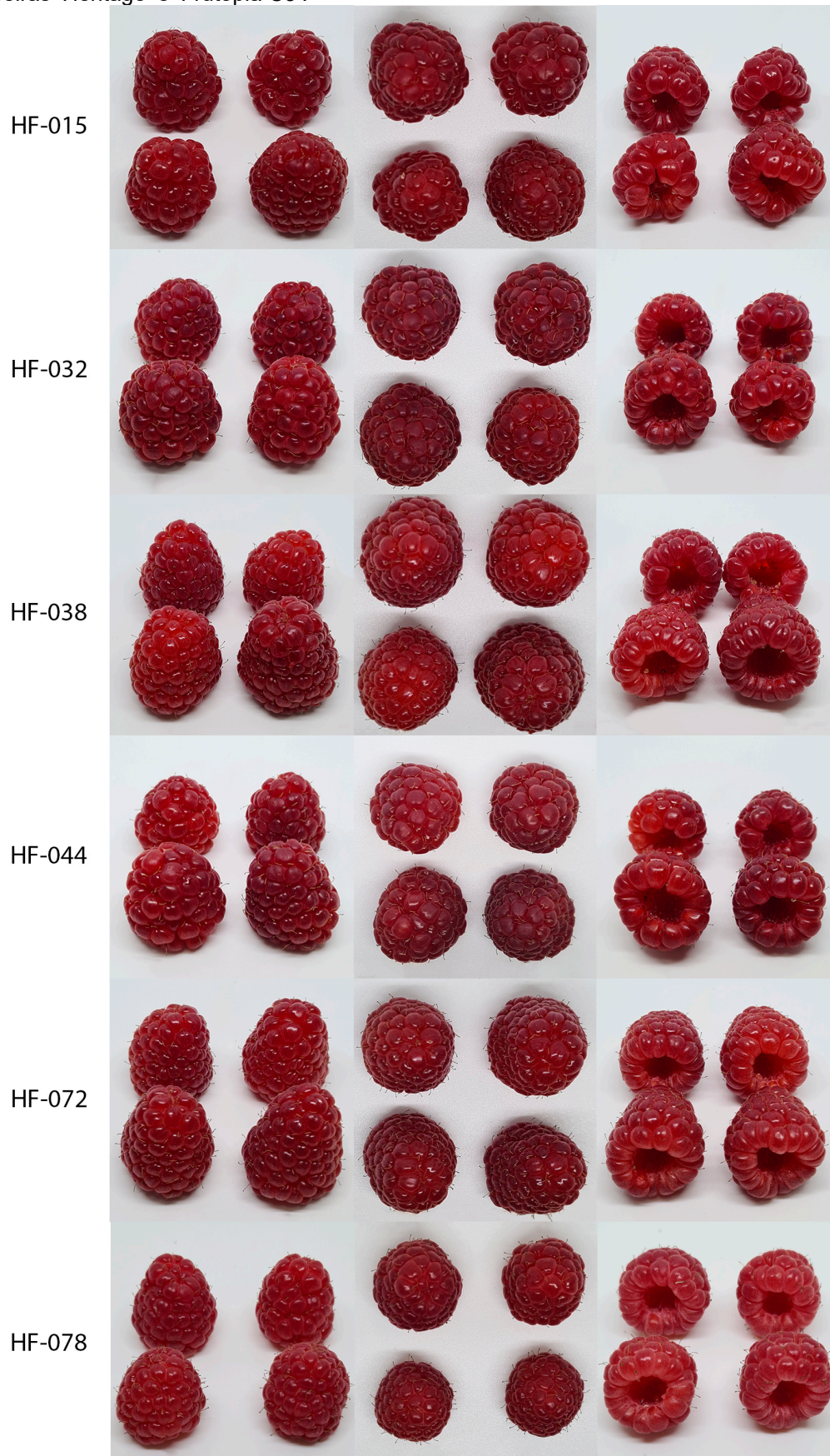
**ANEXOS**

**Anexo A.** Características visuais de frutos de framboeseiras 'Frutopia C5', 'Heritage', 'Salmon' e 'Golden Bliss'.



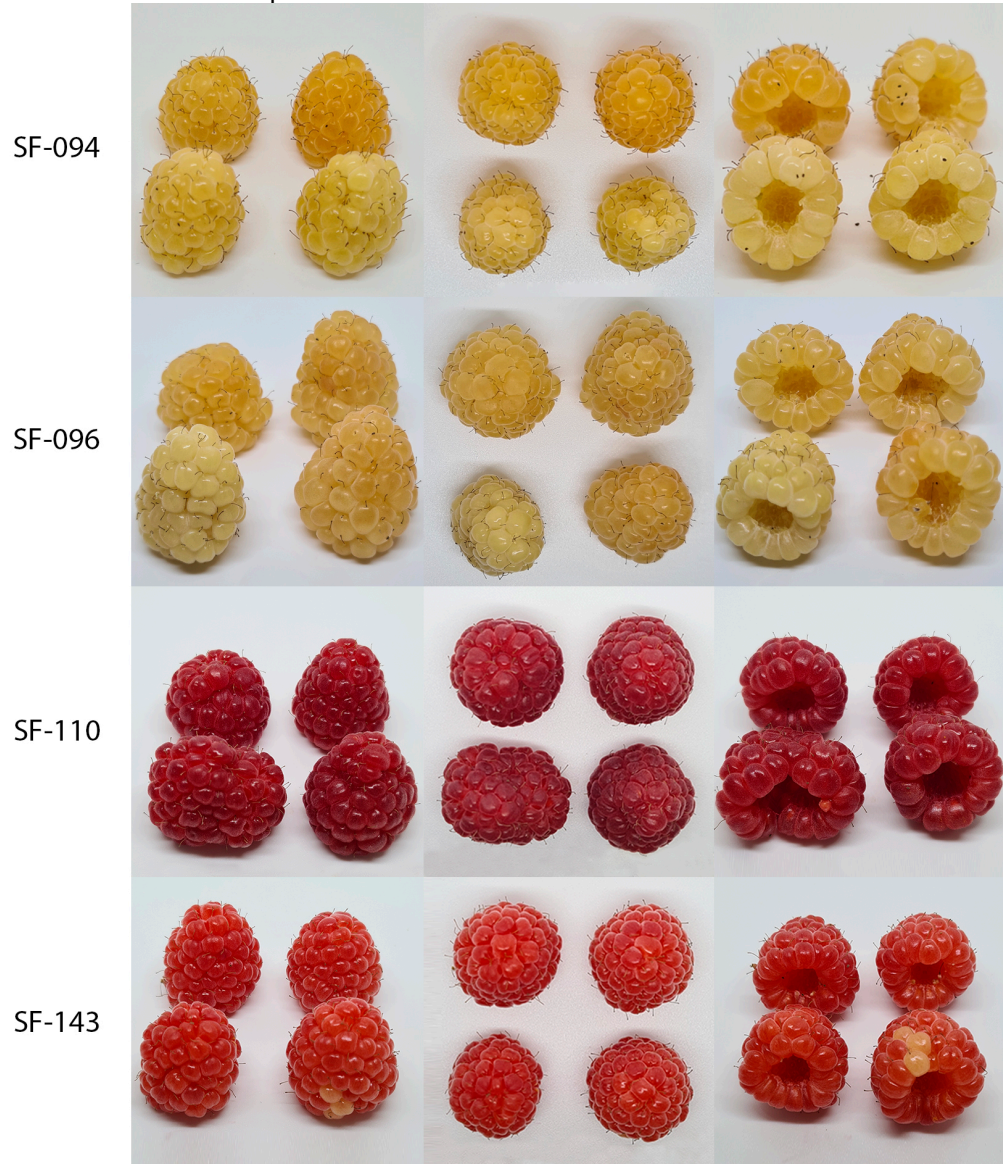


**Anexo B.** Características visuais de frutos de híbridos oriundos do cruzamento controlado de framboeseiras 'Heritage' e 'Frutopia C5'.





**Anexo C.** Características visuais de frutos de híbridos oriundos do cruzamento controlado de framboeseiras 'Salmon' e 'Frutopia C5'.





**Anexo D.** Características visuais de frutos de híbridos oriundos do cruzamento controlado de framboeseiras 'Golden Bliss' e 'Frutopia C5'.

