

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS  
CURSO DE MESTRADO**

**AVALIAÇÃO AGRONÔMICA, RESISTÊNCIA AO CABMV E  
PARÂMETROS GENÉTICOS PARA SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE  
MARACUJAZEIRO DE RETROCRUZAMENTO - RC3  
[(*P. edulis* x *P. cincinnata*) x *P. edulis*]**

**Idalia Souza dos Santos**

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA  
2020**

**AVALIAÇÃO AGRONÔMICA, RESISTÊNCIA AO CABMV E  
PARÂMETROS GENÉTICOS PARA SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE  
MARACUJAZEIRO DE RETROCRUZAMENTO - RC3  
[(*P. edulis* x *P. cincinnata*) x *P. edulis*]**

**Idalia Souza dos Santos**

Licenciada em Biologia

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2018

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Recursos Genéticos Vegetais.

**Orientador:** Prof. Dr. Onildo Nunes de Jesus

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA  
2020**

## FICHA CATALOGRÁFICA

S237a

Santos, Idalia Souza dos

Avaliação agronômica, resistência ao CABMV e parâmetros genéticos para seleção de progênies de maracujazeiro de retrocruzamento - RC3 [(*P. edulis* x *P. cincinnata*) x *P. edulis*] / Idalia Souza dos Santos.\_ Cruz das Almas, BA, 2020.

107f.; il.

Orientador: Prof. Dr. Onildo Nunes de Jesus.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais.

1.Maracujá – Cultivo – Doença. 2.Maracujá – Melhoramento genético. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.

CDD: 634.425

Ficha elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas - UFRB.  
Responsável pela Elaboração - Antonio Marcos Sarmento das Chagas (Bibliotecário - CRB5 / 1615).  
(os dados para catalogação foram enviados pelo usuário via formulário eletrônico)

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS  
CURSO DE MESTRADO**

**AVALIAÇÃO AGRONÔMICA, RESISTÊNCIA AO CABMV E  
PARÂMETROS GENÉTICOS PARA SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE  
MARACUJAZEIRO DE RETROCRUZAMENTO - RC3  
[(*P. edulis* x *P. cincinnata*) x *P. edulis*]**

Comissão Examinadora da Defesa de Dissertação de  
Idalia Souza dos Santos

Aprovada em: 15 de maio de 2020

---

Prof. Dr. Onildo Nunes de Jesus  
Embrapa Mandioca e Fruticultura  
(Orientador)

---

Profa. Dra. Simone Alves Silva  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
(Examinador interno)

---

Prof. Dr. Wellington Ferreira Campos  
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Murici  
(Examinador externo)

## DEDICATÓRIA

### ***Dedico***

À minha querida Equipe de Maracujá da Embrapa Mandioca e Fruticultura (Grupo de pesquisa em *Passiflora*), na pessoa do nosso Orientador Dr. Onildo Nunes de Jesus, pelo companheirismo, comprometimento, troca de conhecimentos e laços de profundo respeito, amizade e união que criamos em meio a essa jornada.  
Sem vocês nada seria possível.  
Sou-lhes eternamente grata!

### ***Ofereço***

À minha família (pai, mãe, irmã, irmãos e sobrinho) e minha avó Idália Amorim (*In memoriam*) pelos sacrifícios, amor, paciência e incentivo. Obrigada por entender minha ausência e permitir que eu siga em busca dos meus sonhos.  
Nunca será só por mim.  
Amo-os infinitamente!

## AGRADECIMENTOS

Às forças de luz e bem que regem minha vida e permitiram que meus passos fossem conduzidos com determinação, saúde e sabedoria até aqui.

Ao Programa de Pós-graduação em Recursos Genéticos Vegetais e a Universidade Federal do Recôncavo da Bahia pela oportunidade de realizar o Mestrado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pela concessão da bolsa.

À Embrapa Mandioca e Fruticultura pelo apoio estrutural, técnico e financeiro para a realização de todas as etapas deste trabalho.

Ao meu Orientador, Dr. Onildo Nunes, agradeço por oportunizar minha inserção à Pesquisa e incentivar novos voos como o Mestrado. Pelos anos de orientação, correção dos erros e conhecimentos partilhados. Por toda dedicação e paciência investidas na minha formação enquanto mestranda. Pela disponibilidade na execução prática e teórica do trabalho. Pelo exemplo de excelente Profissional e Ser humano. Pelo respeito e amizade construídos e por acreditar e confiar a mim o desenvolvimento de um estudo tão importante. Minha eterna gratidão!

À Dra. Taliane Leila pela preciosa contribuição na minha formação científica, pelos conhecimentos partilhados, exemplo profissional, paciência e incentivo para que não desistisse dos meus propósitos quando achei que não fosse capaz.

Ao Dr. Lucas Kennedy pelo apoio em todas as etapas deste trabalho. Pelo exemplo profissional e humano, conhecimentos partilhados, amizade valiosa e apoio constantes.

À Sidnara Ribeiro, pelo conhecimento e paixão pelas *Passifloras* compartilhados. Por sua dedicação e afincamento na realização deste trabalho em todas as etapas. Por ser minha amiga, irmã e um exemplo de persistência e força inesgotável.

Ao doutorando Zanon Gonçalves pelas discussões e troca acerca do tema que norteia nossas pesquisas. Pelo apoio, escuta, incentivo e amizade construída.

Aos novos e antigos companheiros da Equipe Maracujá representados por Raoni, Luana, Lavínia, Filipe, Lilian, Mariana, Gabriela, Bruno, Fabrício, Lucas Jr., Milena, Laísa e demais estudantes que passaram por este grupo pelo apoio e dedicação na execução das diversas atividades realizadas em casa de vegetação, campo e laboratórios.

Ao técnico Vinícius e funcionários de campo da Embrapa João Carlos e Amós pela contribuição, apoio, empenho e descontração na realização dos experimentos em casa de vegetação e campo.

Ao Dr. Raul Rosa pelas valiosas contribuições técnicas, entusiasmo e disponibilidade para solucionar os problemas ocorridos nos campos experimentais.

À analista Elaine Góes e o técnico Pedro Lucena do Laboratório de Pós-colheita da Embrapa pelo treinamento e por todo apoio na realização das análises dos frutos e por estarem sempre solícitos às demandas e dispostos a ajudar.

Aos funcionários da Embrapa Celeste, Antônio Santana, Alcides e Jorge Vieira pelos ensinamentos, exemplo profissional e humano, acolhimento, afeto, torcida, convívio diário na “creche”, amizade e respeito construídos.

À Sra. Cristina do setor de estágio da Embrapa por toda dedicação e torcida por nós estudantes.

À coordenadora de curso Profa. Dra. Lidyanne Aona por todo apoio, incentivo, disponibilidade e interesse em solucionar toda e qualquer pendência.

Aos Professores e Professoras da Pós-graduação RGV/UFRB/EMBRAPA pelos conhecimentos e experiências compartilhados, empenho e dedicação à formação profissional de cada um de nós.

Aos funcionários da Pós-graduação, em especial à Secretária Rejane Barbosa pela disponibilidade e rápido retorno diante das demandas burocráticas e administrativas.

Aos colegas da turma 2018.1 do RGV, especialmente Michele, Sandra, Rafaelle, Nelma, Sávio e Thiago, pela troca e torcida. Desejo sucesso para todos.

Aos funcionários da Embrapa que zelam pelo nosso ambiente de trabalho e bem-estar, em especial D. Valdelice, Vera, Geni, Ocimar e Laércio. E a todos os seguranças pela guarda e auxílio durante as atividades realizadas em campo.

À Claudinha, amiga, irmã e maior incentivadora da minha caminhada desde a graduação e à Tainá, presente que ganhei e que se tornou uma irmã para a vida. Obrigada por tudo, sem vocês eu tenho certeza que trilhar este caminho seria muito mais difícil.

À Danilo, meu companheiro de vida, por manter vivo o nosso amor mesmo à distância, entender minha ausência e incentivar meus sonhos e objetivos. À D. Damiana, pelos sábios conselhos e incentivo durante a escrita deste trabalho, acolhimento e carinho dedicados a mim sempre.

Aos familiares e amigos (Domingas, Roque Paulo, Maria, Anderson, Giselli, Crisane, Amana, Naíma, Maria Áurea etc.) que emanaram amor, energia positiva e incentivaram mais esta etapa em minha vida, mesmo em troca da minha ausência.

Aos membros da banca pela disponibilidade em participar e contribuir com este trabalho.

Enfim, agradeço a todos que, direta ou indiretamente contribuíram de alguma forma para a concretização deste trabalho e em meu processo de formação profissional e pessoal.

Meus sinceros agradecimentos a todos(as)!

# SUMÁRIO

Resumo

Abstract

<b>1 Introdução geral</b> .....	<b>11</b>
<b>2 Revisão de literatura</b> .....	<b>13</b>
2.1 Diversidade do gênero <i>Passiflora</i> .....	13
2.1.1 <i>Passiflora cincinnata</i> Mast.....	14
2.1.2 <i>Passiflora edulis</i> Sims.....	15
2.2 Doenças do maracujazeiro.....	16
2.2.1 Virose do endurecimento dos frutos.....	17
2.3 Melhoramento genético do maracujazeiro.....	19
2.3.1 Retrocruzamentos .....	21
2.3.2 Avaliação morfoagronômica e fenológica.....	22
2.4 Parâmetros genéticos.....	23
2.4.1 Modelos mistos REML/BLUP.....	25
<b>Referências</b> .....	<b>26</b>
<b>Capítulo I: Precocidade fenológica e resistência ao CABMV em progênies de maracujazeiro da terceira geração de retrocruzamento</b> .....	<b>38</b>
<b>1 Introdução</b> .....	<b>41</b>
<b>2 Material e Métodos</b> .....	<b>42</b>
2.1 Local do experimento.....	42
2.2 Obtenção da população segregante da terceira geração de retrocruzamento (RC3) .....	43
2.3 Semeadura, plantio e tratos culturais.....	45
2.4 Avaliação dos estádios fenológicos vegetativos e reprodutivos das progênies RC3 .....	45
2.5 Avaliação do número de frutos.....	46
2.6 Avaliação da severidade da virose do endurecimento dos frutos (CABMV) .....	47
2.7 Delineamento experimental.....	48
2.8 Análise estatística .....	48
<b>3 Resultados</b> .....	<b>48</b>
3.1 Avaliação dos estádios fenológicos vegetativos e reprodutivos das progênies RC3 .....	48
3.2 Avaliação fenotípica da severidade da virose do endurecimento dos frutos.....	54
<b>4 Discussão</b> .....	<b>55</b>
<b>Conclusões</b> .....	<b>60</b>
<b>Referências</b> .....	<b>61</b>
<b>Capítulo II: Parâmetros genéticos por REML/BLUP em híbridos de maracujazeiro da RC3 [(<i>P. edulis</i> x <i>P. cincinnata</i>) x <i>P. edulis</i>] .....</b>	<b>68</b>
<b>1 Introdução</b> .....	<b>71</b>
<b>2 Material e Métodos</b> .....	<b>72</b>
2.1 Local do experimento.....	73
2.2 Obtenção da população segregante da terceira geração de retrocruzamento (RC3) .....	73
2.3 Semeadura, plantio e tratos culturais.....	76
2.4 Contagem do número de frutos.....	76
2.5 Caracterização física e química dos frutos.....	76
2.6 Avaliação da severidade ao CABMV.....	77
2.7 Delineamento experimental.....	79
2.8 Análise estatística .....	79
<b>3 Resultados e Discussão</b> .....	<b>80</b>
3.1 Estimativas dos componentes de variância via REML.....	80
3.2 Valores genotípicos preditos via BLUP em famílias e progênies RC3.....	85
<b>Conclusões</b> .....	<b>97</b>
<b>Referências</b> .....	<b>98</b>



## AVALIAÇÃO AGRONÔMICA, RESISTÊNCIA AO CABMV E PARÂMETROS GENÉTICOS PARA SELEÇÃO DE PROGÊNIAS DE MARACUJAZEIRO DE RETROCRUZAMENTO - RC3 [(*P. edulis* X *P. cincinnata*) X *P. edulis*]

**RESUMO:** O Brasil é o principal produtor e consumidor mundial de maracujá amarelo. No entanto, a virose do endurecimento dos frutos (*Cowpea aphid-borne mosaic virus* - CABMV) tem limitado a produção e vida útil da cultura em diversas regiões do país. Híbridagens interespecíficas seguidas de ciclos de seleção e retrocruzamento foram realizadas visando a introgressão de alelos de resistência da espécie *Passiflora cincinnata* Mast. (silvestre) para *P. edulis* Sims. (comercial), chegando-se à terceira geração (RC3). Para o desenvolvimento de novas cultivares é crucial que, na etapa de seleção, a população melhorada seja avaliada fenológica, agrônômica e geneticamente visando identificação de indivíduos superiores. Assim, neste trabalho: *i*) avaliou-se a precocidade das famílias RC3 em relação aos estádios fenológicos e *ii*) estimou-se os parâmetros genéticos e valores genotípicos preditos para a seleção de famílias e progênias de maracujazeiro RC3 [(*P. edulis* x *P. cincinnata*) x *P. edulis*] por meio da metodologia de modelos mistos REML/BLUP quanto aos caracteres dos frutos e tolerância ao CABMV. O delineamento experimental foi em blocos aumentados. Foram avaliadas 849 progênias e 22 famílias RC3 (tratamentos não comuns) e 10 acessos de *P. edulis* (tratamentos comuns - testemunhas). Os dados fenológicos e de produção foram analisados via estatística descritiva. A severidade do CABMV foi quantificada pelo índice de doença (ID%) de McKinney. Os parâmetros genéticos foram estimados via REML e as médias genotípicas preditas pelo BLUP. As médias fenotípicas e genotípicas foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ). De modo geral, as famílias RC3 foram superiores às testemunhas para todos os caracteres fenológicos e agrônômicos avaliados como produção e tolerância ao CABMV. A maior produção de frutos ocorreu aos 352 DAP com destaque para as famílias BC3.A, BC3.B e BC3.G. Quanto ao CABMV, foi observada ampla variação dos sintomas, com ID variando de 0,0% a 86,67%. As estimativas dos parâmetros genéticos revelaram que a  $\sigma_f^2$  foi explicada na maioria dos caracteres pela  $\sigma_a^2$  e as maiores  $h_a^2$  variaram de (0,55 a 0,90). A variância genética e a herdabilidade para o CABMV, no entanto, foram baixas na população. Os valores genotípicos preditos mostraram uma ampla variação para os caracteres avaliados, sendo que doze progênias se destacaram para a qualidade de frutos e produtividade com destaque para as famílias BC3.C e BC3.D, sendo que as famílias BC3.A, BC3.B e BC3.G contemplaram 43 progênias com resistência moderada ao CABMV. As famílias e progênias selecionadas serão recombinadas e avaliadas em polos de produção visando identificar as mais promissoras e uniformes agronomicamente.

**PALAVRAS CHAVE:** Melhoramento genético; Híbridagem interespecífica; Qualidade de frutos; Modelos mistos; Precocidade reprodutiva; Tolerância a virose

**AGRONOMIC EVALUATION, CABMV RESISTANCE AND GENETIC  
PARAMETERS FOR SELECTION OF BACKCROSSING PASSIONFRUIT  
PROGENIES - RC3 [(*P. edulis* x *P. cincinnata*) x *P. edulis*]**

**ABSTRACT:** Brazil is the world's leading producer and consumer of yellow passionfruit. However, the passionfruit woodiness virus (*Cowpea aphid-borne mosaic virus* - CABMV) has limited the production and useful life of the crop in several regions of the country. Interspecific hybridizations followed by cycles of selection and backcrossing were performed aiming at the introgression of resistance alleles of the species *Passiflora cincinnata* Mast. (wild) for *P. edulis* Sims. (commercial), reaching the third generation (RC3). For the development of new cultivars, it is crucial that, in the selection stage, the improved population is evaluated phenological, agronomic and genetically in order to identify superior individuals. Thus, in this work: *i*) the precocity of the RC3 families was evaluated in relation to the phenological stages and *ii*) estimated genetic parameters and genotypic values predicted for the selection of passion fruit families and progenies RC3 [(*P. edulis* x *P. cincinnata*) x *P. edulis*] using the mixed model methodology REML/BLUP for the characters of fruits and CABMV tolerance. The experimental design was in enlarged blocks. It was evaluated 849 progenies and 22 RC3 families (treatments) and 10 accessions of *P. edulis* (common treatments or control). Phenological and production data were analyzed using descriptive statistics. CABMV severity was quantified by McKinney's disease index (ID%). The genetic parameters were estimated via REML and the genotypic means predicted by BLUP. The phenotypic and genotypic means were compared using the Scott-Knott test ( $p \leq 0.05$ ). In general, the RC3 families were superior to the controls for all phenological and agronomic traits evaluated as production and tolerance to CABMV. The highest fruit production occurred at 352 DAP with emphasis on the BC3.A, BC3.B and BC3.G families. As for CABMV, a wide range of symptoms was observed, with ID ranging from 0.0% to 86.67%. Estimates of genetic parameters revealed that  $\sigma_f^2$  was explained in most characters by  $\sigma_a^2$  and the highest  $h_a^2$  ranged from (0.55 to 0.90). The genetic variance and heritability for CABMV, however, were low in the population. The predicted genotypic values showed a wide variation for the evaluated traits, with twelve progenies standing out for fruit quality and productivity, with emphasis on the BC3.C and BC3.D families, with the families BC3.A, BC3.B and BC3.G included 43 progenies with moderate resistance to CABMV. The selected families and progenies will be recombined and evaluated in production centers in order to identify the most promising and uniform agronomically.

**KEYWORDS:** Genetic breeding; Interspecific hybridization; Fruit quality; Mixed models; Reproductive precocity; Virus tolerance

## 1 Introdução Geral

Os maracujazeiros pertencem à família *Passifloraceae* Juss. (Ulmer; MacDougal, 2004) sendo o gênero *Passiflora* L. considerado o mais diverso (Ocampo; D'Eeckenbrugge, 2017). O Brasil é um dos centros de diversidade genética das passifloráceas (Bernacci et al., 2015; Ocampo et al., 2016) e destaca-se internacionalmente como o maior produtor e consumidor de maracujá (Faleiro et al., 2019). Em 2019, o país produziu 602 mil toneladas em 42 mil hectares, sendo que 62% dessa produção ocorreu na Região Nordeste (IBGE, 2020).

O cultivo de maracujá amarelo ou azedo (*Passiflora edulis* Sims) tem se destacado na fruticultura nacional, especialmente entre pequenos agricultores devido a sua rápida produção e retorno econômico (Meletti, 2011; Faleiro et al., 2019). No entanto, problemas fitossanitários têm limitado a produtividade, manutenção e expansão da cultura (Junqueira et al., 2005), pois afetam as plantas em todos os estádios fenológicos de desenvolvimento, prejudicam o vigor, o florescimento e a frutificação, além de alterar os atributos físicos e químicos dos frutos (Fischer; Rezende, 2008; Cerqueira-Silva et al., 2014).

A virose do endurecimento dos frutos, induzida pelo *Cowpea Aphid-Born Mosaic Virus* (CABMV) e transmitida de maneira não persistente por afídeos, é considerada a doença de parte aérea mais importante economicamente para a passicultura (Nascimento et al., 2006; Sacoman et al., 2018). Uma vez presente na planta, o CABMV causa distorção foliar, deformação e endurecimento do pericarpo do fruto, redução do rendimento de suco e da longevidade dos pomares (Oliveira et al., 2013; Correa et al., 2015). Apesar da existência de alguns métodos alternativos de manejo (Fischer et al., 2008; Spadotti et al., 2019a) e o desenvolvimento de plantas transgênicas (Trevisan et al., 2006), até o momento não existem cultivares comerciais de maracujá amarelo resistentes à doença (Correa et al., 2015; Santos et al., 2015a, b).

Estudos envolvendo *screening* em bancos de passiflora têm apontado para o potencial uso de espécies silvestres para a introgressão de genes de interesse como resistência a doenças (Oliveira et al., 2013; Gonçalves et al., 2018). A espécie *Passiflora cincinnata* Mast., de ocorrência natural na região semiárida do Nordeste brasileiro (Araújo et al., 2008), apresenta caracteres interessantes como tolerância a seca (Carmo et al., 2017; Souza et al., 2018), resistência a doenças como o CABMV (Oliveira et al., 2013), longevidade, período de florescimento ampliado e

potencial para uso na indústria farmacêutica (Siebra et al., 2016), além de frutos com uso promissor para o mercado de frutas exóticas, destinadas ao consumo *in natura* (Silva et al., 2020).

Hibridações interespecíficas focadas em resistência ao CABMV vem sendo realizadas por diferentes grupos (Fonseca et al., 2009; Santos et al., 2015a, b; Freitas et al., 2015), indicando a possibilidade de desenvolvimento de novas cultivares resistentes. O programa de melhoramento do maracujazeiro da Embrapa Mandioca e Fruticultura é o primeiro na condução de ações de pesquisas por meio de hibridações interespecíficas entre as espécies *P. edulis* Sims (2n=18) e *P. cincinnata* Mast. (2n=18) (Coelho et al., 2016), seguida de vários ciclos de seleção e retrocruzamento RC [*(P. edulis* x *P. cincinnata)* x *P. edulis*] para obtenção de populações segregantes com resistência ao CABMV e a rusticidade de *P. cincinnata* e os caracteres agronômicos do parental recorrente *P. edulis* (Farias, 2016; Jesus et al., 2016b). Através de três ciclos (F1, RC1 e RC2) de avaliação e seleção, foram originadas as progênies da terceira geração de retrocruzamento (RC3).

Para o desenvolvimento de novas cultivares, no entanto, é essencial conhecer os componentes da variância para melhor prever os valores genéticos e maximizar a precisão da seleção (Cruz; Regazzi; Carneiro, 2004). O emprego de modelos mistos como o REML/BLUP (Máxima Verossimilhança Residual ou Restrita/Melhor Preditor Linear Não Viesado) é um dos procedimentos que pode ser utilizado para a estimar parâmetros genéticos. Também permite estimar e ranquear as progênies com maior valor genotípico (Resende, 2016). O REML/BLUP tem sido utilizado em várias espécies, inclusive o maracujá (Santos et al., 2015; Cruz Neto et al., 2016; Ferreira, et al., 2016).

Considerando que progênies oriundas de retrocruzamento (RC) apresentam uma ampla variação para os caracteres morfológicos, agronômicos e fenológicos (Jesus et al., 2016a, b), torna-se essencial explorar tais características. A avaliação fenológica quanto ao desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das plantas é de suma importância, pois pode incrementar as chances de sucesso na identificação de genótipos precoces, significativos e contrastantes para as gerações futuras (Jesus et al., 2016b; Ribeiro et al., 2019; Bernardes et al., 2020). A seleção das progênies mais precoces quanto ao vigor vegetativo e reprodutivo, com caracteres agronômicos desejáveis, aliado a uma maior tolerância ou resistência ao CABMV

impactará positivamente na sustentabilidade da passicultura nos polos de produção acometido pelo CABMV. Dessa forma, os objetivos deste trabalho foram: *i*) avaliar a precocidade em relação aos estádios fenológicos vegetativos e reprodutivos e tolerância/resistência a severidade da virose do endurecimento dos frutos - CABMV em uma população da terceira geração de retrocruzamento - RC3 [(*P. edulis* x *P. cincinnata*) x *P. edulis*]; *ii*) estimar os parâmetros genéticos e valores genotípicos preditos para a seleção de famílias e progênes de maracujazeiro da terceira geração de retrocruzamento - RC3 [(*P. edulis* x *P. cincinnata*) x *P. edulis*] por meio da metodologia de modelos mistos REML/BLUP quanto aos caracteres dos frutos e tolerância a virose do endurecimentos dos frutos.

## **2 Revisão de literatura**

### **2.1 Diversidade do gênero *Passiflora***

Os maracujazeiros são plantas originárias de clima tropical e subtropical pertencentes a família *Passifloraceae* Juss. e cultivadas em diversas regiões do mundo (Ulmer; MacDougal, 2004; Ramaiya et al., 2014; 2019). Embora não haja consenso na literatura destinada a sistemática e taxonomia desta família (Bernacci et al., 2005), as estimativas apontam a existência de mais de 600 espécies e, pelo menos, 18 gêneros já descritos (Cervi, 1997; Bernacci et al., 2005; Ocampo et al., 2007).

O gênero *Passiflora* L. é o mais representativo com cerca de 576 espécies (Ocampo; D'Eeckenbrugge, 2017). A maioria delas tem origem nas Américas Central e do Sul (Ocampo et al., 2007), envolvendo Brasil, Colômbia, Peru, Equador, Bolívia e Paraguai, embora existam espécies nativas em países que vão dos Estados Unidos até a Argentina, além da Ásia, Austrália e China (Krosnick et al., 2013; Jesus; Faleiro, 2016; Ocampo et al., 2016). Trata-se de um gênero com ampla distribuição e variabilidade genética intra e interespecífica (Bellon et al., 2009; Ocampo et al., 2016).

O Brasil é considerado um dos maiores centros de diversidade genética das passifloráceas (Ocampo, 2010; Jesus; Faleiro, 2016) com cerca de 150 espécies. Destas, 142 são *Passifloras* spp. nativas e 83 endêmicas (Bernacci et al., 2015). No Estado da Bahia são encontradas 32 espécies do gênero com ampla distribuição (Nunes; Queiroz, 2006; Costa Neto, 2008) e maior ocorrência na Floresta Atlântica do Sul do Estado e na Chapada Diamantina (Nunes; Queiroz,

2006). Todavia, novas espécies de maracujá têm sido identificadas e descritas no país a cada ano (Jesus; Faleiro, 2016), de modo que existe ampla variabilidade neste gênero a ser conhecida, caracterizada, protegida, conservada e utilizada comercialmente ou em programas de melhoramento genético (Faleiro et al., 2005).

Apesar da expressividade e potencial para fins alimentícios, farmacológicos, ornamentais, medicinais e cosméticos (Ruggiero et al., 1996; Dhawan et al., 2004; Abreu et al., 2009; Cerqueira-Silva et al., 2014a; Soares et al., 2015; Corrêa et al., 2016; Nóbrega et al., 2017; Siebra et al., 2018), poucas espécies são cultivadas ou efetivamente exploradas como recursos genéticos. Relata-se que pelo menos 70 maracujazeiros produzam frutos comestíveis (Cunha et al., 2002; Jesus; Faleiro, 2016; Carvalho et al., 2017), dentre eles *P. cincinnata* Mast., *P. nitida* Kunth., *P. quadrangularis* L., *P. setacea* DC., *P. ligularis* Juss. e *P. maliformes* L. (Meletti et al., 2005; Cardoso-Silva et al., 2007; Cerqueira-Silva et al., 2009; 2012). Entretanto, *P. alata* Curtis. (maracujá doce) e *P. edulis* Sims. (maracujá amarelo ou azedo) (Bernacci et al., 2008; Faleiro et al., 2011) são as espécies de maior valor econômico no Brasil, com destaque para o maracujá amarelo, o mais conhecido, comercializado e cultivado em mais de 95% dos pomares destinados a cultura, devido, principalmente, a qualidade dos frutos, ao rendimento industrial e aceitação pelo mercado consumidor (Faleiro et al., 2005; Viana et al., 2014a; Faleiro et al., 2019).

### **2.1.1 *Passiflora cincinnata* Mast.**

Embora as pesquisas com maracujazeiro estejam amplamente dirigidas às espécies cultivadas, principalmente *P. edulis*, existem inúmeras espécies silvestres que exibem potencial agrônomo e resistência a fatores bióticos e abióticos (Paula et al., 2010; Lima et al., 2019; Moura et al., 2019; Pereira et al., 2018), abrindo perspectiva para os programas de melhoramento genético desenvolverem novas cultivares com características de interesse por meio de hibridações interespecíficas, dentre elas, *P. cincinnata* (Cerqueira-Silva et al., 2010; Oliveira et al., 2013).

Essa espécie nativa tem ocorrência em diversas regiões do Brasil, em especial na região Semiárida do Nordeste (Amorozo, 2002; Oliveira; Ruggiero, 2005; Araújo et al., 2008). É popularmente conhecido como “maracujá do mato”,

“maracujá mochila” ou “maracujá de boi” (Nunes; Queiroz, 2006) e se destaca por seu potencial uso para diversas finalidades (Bernacci et al., 2012).

Entre as populações desta espécie existem plantas muito diversas e vigorosas, com ampla variabilidade para a cor das flores, tamanho dos frutos, além da cor e sabor do suco (Silva et al., 2020). Os frutos são resistentes ao transporte e tem maior durabilidade em relação ao maracujá amarelo (*P. edulis*) (Oliveira; Ruggiero, 2005). As partes aéreas da planta são tradicionalmente usadas para fins etnofarmacológicos (Bernacci et al., 2012) e ornamentais (Silva et al., 2015). Além disso, outras características interessantes são observadas, como longevidade, maior adaptação a condições climáticas adversas como tolerância a seca, período de florescimento ampliado, androginóforo mais curto, que facilita a polinização por insetos menores e maior concentração de componentes químicos (Soares et al., 2013; Paiva et al., 2014; Coelho et al., 2016; Carmo et al., 2017; Siebra et al., 2018; Souza et al., 2018).

A *P. cincinnata* também apresenta resistência ou tolerância a doenças que acometem o maracujazeiro (Oliveira et al., 2013; Farias, 2016; Preisigke et al., 2017; Gonçalves et al., 2018), o que, juntamente com as demais características exibidas, a tornam um importante recurso genético a ser utilizado como fonte de genes para o melhoramento genético, já que nenhuma das cultivares de maracujá amarelo existentes, até o momento, possui resistência genética (Freitas et al., 2016; Garcêz et al., 2015; Santos et al., 2015a, b; Santos et al., 2016b).

### **2.1.2 *Passiflora edulis* Sims**

A espécie *Passiflora edulis* Sims, conhecida como maracujá amarelo ou azedo (Bernacci et al., 2008), é a mais importante economicamente do gênero *Passiflora* L., e é responsável por mais de 95% da área de maracujá plantada no Brasil, que é considerado o maior produtor e consumidor do mundo (Faleiro et al., 2019).

Seu potencial econômico se deve ao rápido retorno do capital (Ribeiro et al., 2019) e à preferência dos mercados interno e externo pelos frutos de maracujá amarelo, por apresentarem aroma agradável, teores de açúcares elevados e outros compostos como flavonóides, carotenóides e vitaminas A e C, que definem a qualidade do suco (Reis et al., 2018).

O cultivo é realizado principalmente pela agricultura familiar em pomares de 3 a 5 hectares e, devido à grande demanda por mão-de-obra, a cultura também apresenta forte caráter social. Estima-se que sejam gerados de três a quatro empregos diretos por hectare de maracujá plantado e ocupa de sete a oito pessoas nos diversos elos da cadeia produtiva (Meletti, 2011; Jesus; Faleiro, 2016).

Embora o melhoramento do maracujazeiro tenha avançado e cultivares como BRS Gigante Amarelo e BRS Sol do Cerrado sejam amplamente cultivadas e aceitas pelos produtores brasileiros por apresentarem vigor vegetativo e reprodutivo interessantes, bem como alta produtividade e frutos com padrão aceitável pelo mercado consumidor, as mesmas são altamente suscetíveis à doenças que afetam diretamente nesses aspectos da planta. Com isso, o potencial produtivo da cultura, estimado em torno de 50 t ha<sup>-1</sup> (Meletti, 2011), atualmente está reduzido a cerca de 14 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2020).

## **2.2 Doenças do maracujazeiro com foco na virose do endurecimento dos frutos**

Desde o início da expansão da passicultura no Brasil, entre as décadas de 1970 e 1980, e da demanda crescente pelo fruto de maracujá (Leão et al., 2006; Meletti, 2011), houve um aumento no número de doenças e pragas responsáveis por ocasionar ou agravar a diminuição das áreas de plantio, da produtividade do maracujazeiro, bem como da longevidade dos pomares (Junqueira et al., 2005; Pinto et al., 2008), destacando-se entre os fatores que mais limitam a expansão e rentabilidade econômica da cultura (Viana et al., 2003). Os principais fitopatógenos que causam doenças no maracujazeiro são os de origem bacteriana, fúngica e virótica (Pio-Ribeiro et al., 1997; Fischer et al., 2005; Fischer; Rezende, 2008).

Em relação às doenças, destacam-se: bacteriose (*Xanthomonas axonopodis* pv. *passiflorae*), antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*), verrugose (*Cladosporium herbarum* Pers.), virose do endurecimento dos frutos (*Cowpea Aphid-Born Mosaic Virus* – CABMV), murcha ou fusariose (*Fusarium oxysporum* f. sp. *Passiflorae*), podridão das raízes (*Fusarium solani*), podridão-do-pé causada por *Phytophthora* spp. e nematoides das galhas, causadas por *Meloidogyne* spp. (Liberato, 2002; Nascimento et al., 2006; Fischer; Rezende, 2008; Junqueira et al., 2016; Preisigke et al., 2017; Costa et al., 2018).



Estes patógenos, de forma individual ou conjunta, quando favorecidos por condições edafoclimáticas e a suscetibilidade das espécies, não podem ser controlados de forma eficaz pelos métodos tradicionais (Junqueira et al., 2005). Dentre as doenças citadas, as de etiologia viral são as de maior impacto econômico e social no Brasil (Nascimento et al., 2004; 2006; Leão et al., 2006; Oliveira et al., 2013; Santos et al., 2015a).

### **2.2.1 Virose do endurecimento dos frutos**

Originalmente o *Passion fruit Woodness Virus* (PWV) foi descrito como único agente capaz de causar o endurecimento dos frutos em maracujazeiros de diversas regiões do mundo (Taylor; Greber, 1973; Kitajima et al., 1986; Chagas et al., 1992). O primeiro relato da doença foi na Austrália em 1901 (Mcnight, 1953; Shukla; Ward, 1988), com relatos posteriores em países da América, Europa e África (Pio-Ribeiro; Mariano, 1997; São José et al., 2011). No Brasil, a virose foi registrada no final da década de 1970, em plantios comerciais em Feira de Santana, Bahia (Yamashiro; Chagas, 1979), com rápida disseminação para outras regiões do país (Loreto; Vital, 1983; Kitajima et al., 1986; Chagas et al., 1992).

A infecção por PWV foi reavaliada após estudos envolvendo o sequenciamento de parte do genoma capsidial de um isolado da África do Sul concluírem que o mesmo pertencia a outra estirpe viral denominada *Cowpea Aphid-Born Mosaic Virus* (CABMV) (Brand et al., 1993). Do mesmo modo, os isolados brasileiros descritos inicialmente com base em características biológicas e sorológicas (Nascimento et al., 2004), foram submetidos a análises moleculares e filogenéticas que revelaram alta similaridade (superior a 86%) destes com o CABMV (Nascimento et al. 2006; Cerqueira-Silva et al., 2008; Maciel et al., 2009; Silva et al., 2012; Rodrigues et al. 2015).

Até o momento CABMV é tido como o único vírus do gênero *Potyvirus* responsável pela doença do endurecimento dos frutos em maracujazeiros no Brasil, sendo considerado o maior entrave para a cultura em todo o mundo (Cerqueira-Silva et al., 2008; Melo et al., 2015). No entanto, tem-se identificado outros vírus associados ao maracujá como *Begomovirus* (*Passionflower little leaf mosaic virus* - PLLMV) (Rodrigues et al., 2019), Vírus da pinta verde (*Passion fruit green spot virus* - PGSV) (Kitajima et al., 2003), *Sida mottle Alagoas virus* (SiMAV) (Mituti et al., 2019), *Cucumber mosaic virus* (CMV) (Lan et al., 2020), *Melochia yellow mosaic*

*virus* (MeLYMV) (Spadotti et al., 2019b); *Passion fruit severe mottle-associated virus* (Xie et al., 2019), *Cucurbit Aphid-Borne Yellow Virus* (CABYV) (Vidal et al., 2018) e *Passion fruit chlorotic mottle virus* (PCMoV) (Fontenele et al., 2018), porém, sua dinâmica, virulência e dispersão nos polos produção no Brasil precisam ser investigadas.

O CABMV em condições de ocorrência natural é transmitido por afídeos numa relação vírus-vetor não circulativa e não persistente através da picada de prova (Zerbini Junior et al., 2006; Silva et al., 2012). A transmissibilidade deste vírus por meio de sementes, no entanto, é desconhecida (Narita et al., 2011). Outras formas de contágio se dão por meio de práticas culturais incorretas como a realização de podas, desbrotas ou coroamentos com o auxílio de ferramentas contaminadas com o vírus (Fischer; Rezende, 2008; Gibbs; Ohshima, 2010; Garcêz et al., 2015).

Os sintomas induzidos pelo CABMV incluem mosaico, bolhosidade e distorção foliar, redução no tamanho das plantas, deformação e espessamento do pericarpo, redução da cavidade interna e do tamanho dos frutos (Novaes; Rezende, 1999; Nascimento et al., 2006; Oliveira et al., 2013; Jesus et al., 2017), podendo levar os produtores a perdas significativas entre 60 e 100% da produção (Gioria et al., 2000; Viana et al., 2014b; Freitas et al., 2015; Ribeiro et al., 2019).

Em virtude dessa doença, a vida útil dos pomares foi sendo diminuída ao longo do tempo. Inicialmente de 36 para 18 meses (Fischer; Rezende, 2008; Correa et al., 2015) e atualmente já há recomendações para renovação anual em regiões com alta incidência do patógeno (Cerqueira-Silva et al., 2014; Junqueira et al., 2016). Os prejuízos causados pela doença podem levar ao abandono da cultura e inviabilizar plantios em áreas com histórico, tornando-se um problema socioeconômico para os passicultores do Brasil (Nascimento et al., 2004; 2006; Leão et al., 2006).

Não existem métodos curativos para pomares infectados com esta virose (Junqueira et al., 2005; Fischer; Rezende, 2008) e uma vez presente, o seu controle é muito difícil (Ribeiro et al., 2019). A espécie de *Passiflora* explorada comercialmente de maracujá amarelo ou azedo é suscetível ao CABMV (Silva et al., 2012; Santos et al., 2015a, b; Gonçalves et al., 2018; Santos et al., 2019a, b, c). Algumas alternativas de manejo são sugeridas, como o uso de plantas do tipo “mudão” com 120 cm de altura oriundas de viveiros credenciados (Junqueira et al.,

2016) e a erradicação de plantas sintomáticas (*roguing*) dos pomares (Spadotti et al., 2019a) visando minimizar os danos causados e a dispersão da doença no campo.

Além disso, estudos envolvendo a pré-imunização de plantas com cepas leves do vírus (Novaes; Rezende, 2003) e a transformação genética (Trevisan et al., 2006; Monteiro-Hara et al., 2011) têm sido realizados, no entanto, não foi observada promoção da resistência via pré-imunização, provavelmente pela baixa concentração ou má distribuição de estirpes fracas nas plantas (Novaes; Rezende, 2003) e, quanto as plantas transgênicas, ainda não há dados do seu desempenho em campo, haja visto que foram avaliadas apenas em condições controladas (Faleiro et al., 2016).

Neste sentido, o desenvolvimento de cultivares resistentes associado a manejo integrado bem aplicado é a estratégia mais eficaz, econômica e sustentável para o controle de doenças como o CABMV (Faleiro et al., 2008; Correa et al., 2015; Santos et al., 2015a; Jesus et al., 2016b). A identificação de genótipos que apresentem alelos de resistência ou tolerância a esta virose em bancos de germoplasma (Oliveira et al., 2013; Santos et al., 2015a; Gonçalves et al., 2018) constitui uma etapa essencial aos grupos destinados ao melhoramento desta frutífera de importância mundial.

### **2.3 Melhoramento genético do maracujazeiro**

No Brasil, o melhoramento do maracujazeiro constitui-se como campo de pesquisa aberto e promissor (Meletti et al., 2005) desde a década de 1990 quando foi iniciado e tem focado em características morfológicas, agronômicas e fisiológicas com foco na seleção e recombinação de genótipos elite (Braga et al., 2005; Meletti et al., 2011; Ribeiro et al., 2019).

Embora o Brasil destaque-se internacionalmente quanto a produção e consumo de maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Sims) (Bernacci et al., 2008), problemas como a falta de cultivares homogêneas, produtivas e resistentes aos principais fitopatógenos (Oliveira et al., 2013; Lima et al., 2017; Spadotti et al., 2019a, b) tem refletido negativamente na produtividade (14,10 t ha<sup>1</sup>) média nacional (IBGE, 2020). Os programas tem destinado esforços para a obtenção de cultivares com maior produtividade, qualidade dos frutos (Meletti, 2011; Faleiro et

al., 2011; Neves et al., 2013; Cruz Neto et al., 2016) e resistência genética a doenças como o CABMV (Santos et al., 2015a; Jesus et al., 2016b).

De acordo com Bruckner et al. (2005), o maracujazeiro é uma planta alógama por excelência, reforçada pela autoincompatibilidade do tipo homomórfica e esporofítica, e, portanto, expressa elevada variabilidade genética a ser explorada (Ocampo et al., 2016). Tais características permitem o emprego de vários métodos de melhoramento à cultura como, por exemplo, a seleção massal (Meletti et al., 2000; Nascimento et al., 2003), a seleção recorrente (Krause et al., 2012; Ribeiro et al., 2019) e as hibridações intra e interespecíficas (Neves et al., 2013; Santos et al., 2015a; Jesus et al., 2016b; Jesus et al., 2018), seguida de métodos de seleção, que visam o aumento da frequência ou transferência de alelos favoráveis, bem como, a exploração do vigor híbrido ou da heterose (Meletti et al., 2000; Bruckner et al., 2005).

Como não existem cultivares de *P. edulis* resistentes à virose do endurecimento dos frutos causada pelo CABMV, a introgressão de genes de resistência através de cruzamentos interespecíficos tem sido uma estratégia utilizada com sucesso no melhoramento do maracujazeiro (Santos et al., 2019b).

As hibridações interespecíficas apresentam-se como um método estratégico e viável para *Passiflora* spp. O foco principal tem sido na resistência a doenças, explorando a alta variabilidade existente no gênero (Ramaiya et al., 2014; Ocampo et al., 2016; Ocampo; D'eeckenbrugge, 2017). O método consiste na transferência dos alelos das espécies silvestres (resistentes) para a espécie comercial (suscetível) (Fonseca et al., 2009; Oliveira et al., 2013) através de cruzamentos controlados.

A resistência genética ao CABMV tem sido demonstrada por diversas espécies nativas, dentre as quais, destacam-se: *Passiflora nitida* Kunth., *Passiflora quadrangularis* L., *Passiflora suberosa* L., *Passiflora malacophylla* Mast., *Passiflora cincinnata* Mast. e *Passiflora setacea* DC. (Cerqueira-Silva et al., 2008; Paula et al., 2010; Oliveira et al., 2013; Freitas et al., 2015; Sacoman et al., 2018; Gonçalves et al., 2018).

A estratégia de introgressão de genes por meio de hibridações vem sendo realizada com sucesso por diferentes grupos cujos objetivos são: a resistência à fatores bióticos como a fusariose (*P. edulis* x *P. mucronata*) (Freitas et al., 2016a) e o CABMV (*P. edulis* x *P. setacea*) (Fonseca et al., 2007; 2009; Santos et al.,

2015a, b); (*P. edulis* x *P. cincinnata*) (Farias, 2016; Jesus et al., 2016b) e, também, tolerância a fatores abióticos como a salinidade (*P. edulis* x *P. mucronata*) (Lima et al., 2020).

Em relação a compatibilidade genética, ao considerar a diversidade do gênero *Passiflora*, muitas espécies silvestres podem ser utilizadas em cruzamento com o maracujazeiro amarelo (Junqueira et al., 2005), embora algumas não apresentem sucesso, seja pelo número incompatível de cromossomos (Coelho et al., 2016) ou até mesmo incompatibilidade em cruzamentos (Soares et al., 2015). Híbridos interespecíficos podem apresentar dificuldade de desenvolvimento e florescimento, baixa viabilidade de pólen, perda do vigor vegetativo e alta variação morfológica nos frutos, de modo que se recomenda gerações de retrocruzamento para recuperação das características desejáveis (Meletti et al., 2011).

### **2.3.1 Retrocruzamentos**

O método dos retrocruzamentos objetiva recuperar caracteres agronômicos de interesse do genitor recorrente, em geral suprimidos durante cruzamentos interespecíficos (Farias, 2016). O esquema clássico desse método inclui a seleção de duas espécies distintas, uma comercial adaptada e produtiva (genitor recorrente), que apresenta alguma característica indesejável e que não existe na espécie silvestre (genitor doador). Após o cruzamento, os híbridos F1 são retrocruzados com o genitor recorrente em sucessivas gerações (Borém; Miranda, 2009).

No melhoramento do maracujazeiro os retrocruzamentos têm sido realizados em populações híbridas (*P. edulis* x *P. setacea*) focadas em resistência ao CABMV (Fonseca et al., 2007; 2009; Freitas et al., 2015; Freitas et al., 2016b; Santos et al., 2019b). Os híbridos selecionados por estes grupos têm sido avaliados nas condições edafoclimáticas do Estado do Rio de Janeiro e Distrito Federal. Entretanto, o desenvolvimento de cultivares resistentes e adaptadas aos principais polos de produção do país que estão alocados no Estado da Bahia é essencial.

O programa de melhoramento do maracujazeiro da Embrapa Mandioca e Fruticultura é o primeiro na condução de ações de pesquisas por meio de hibridações interespecíficas entre as espécies *P. edulis* Sims. e *P. cincinnata* Mast., (2n=18) (Coelho et al., 2016), seguida de vários ciclos de seleção e retrocruzamento RC [(*P. edulis* x *P. cincinnata*) x *P. edulis*] para obtenção de

populações segregantes com a resistência ao CABMV e a rusticidade de *P. cincinnata* (doador) e os caracteres agrônômicos do parental recorrente *P. edulis* (Farias, 2016; Jesus et al., 2016b).

A futura indicação destes híbridos poderá trazer grandes benefícios aos passicultores baianos que ainda não dispõem de uma variedade recomendada para os principais polos produtores. Por se tratar de uma população segregante e com alta variabilidade para os caracteres de interesse, avaliações morfológicas, agrônômicas e fenológicas são pertinentes.

### **2.3.2 Avaliação morfoagronômica e fenológica**

A avaliação morfoagronômica é uma etapa essencial para programas de melhoramento que buscam o desenvolvimento de novos genótipos e cultivares distintas das disponíveis no mercado (Jesus et al., 2017). Avaliações agrônômicas de caracteres físicos e químicos dos frutos em maracujazeiro subsidiam o potencial dos genótipos para comercialização nos diferentes mercados: consumidor e da indústria do suco (Negreiros et al., 2007).

Antecipar a reprodução em plantas de maracujá é um dos objetivos dos melhoristas e produtores que visam aumentar o potencial produtivo da cultura e minimizar os impactos negativos da alta incidência de doenças que acometem a cultura (Jesus et al., 2016a; Lima et al., 2017). Neste sentido, a caracterização fenológica para entender o comportamento das plantas em relação às etapas de desenvolvimento é de suma importância (Ramaiya et al., 2020; Bernardes et al., 2020), no entanto, as informações sobre esses parâmetros em maracujazeiros oriundos de ciclos de retrocruzamento são escassas.

As avaliações fenológicas consideram os estádios de desenvolvimento das plantas são de fácil aplicabilidade e podem ser feitas observando-se a presença e ausência de indicadores morfológicos facilmente identificáveis em campo, relacionados com o desenvolvimento vegetativo (ramos primários, secundários e terciários) e reprodutivo (estruturas florais e frutos) em plantas de maracujá (Lambers et al., 2008; Jesus et al., 2017).

Compreender o comportamento de progênies de maracujazeiros em relação aos estádios fenológicos é uma importante estratégia para os programas de melhoramento que visam identificar e selecionar genótipos com precocidade e produtividade elevadas (Jesus et al., 2016a, b; 2017), principalmente em razão da

suscetibilidade da espécie comercial ao CABMV, pois, compromete a longevidade dos pomares (Oliveira et al., 2013; Correa et al., 2015). Genótipos precoces e que produzam na entressafra podem contribuir para o aumento da produtividade e rentabilidade da passicultura, sendo, também, uma exigência dos produtores do Brasil (Esashika et al., 2018).

Na etapa de seleção, no entanto o melhorista deve se preocupar quanto à sua tomada de decisão em estabelecer a superioridade de indivíduos ou famílias com base na informação fenotípica. Assim, estimar parâmetros genéticos torna-se essencial para que os direcionamentos em relação as etapas posteriores do melhoramento sejam tomadas com maior acurácia (Cruz; Carneiro, 2006).

#### **2.4 Parâmetros genéticos**

As estimativas dos componentes de variabilidade existente nas populações e, mais ainda quanto dessa variabilidade é devida a diferenças genéticas é de fundamental importância para qualquer programa de melhoramento, pois permite conhecer o controle genético do caráter e o potencial da população para seleção (Resende, 2002; Ramalho; Santos; Pinto, 2008; Batisti et al., 2017). Na cultura do maracujazeiro, a utilização de parâmetros genéticos tem sido utilizada com sucesso por diversos grupos, seja na avaliação da variabilidade em bancos de germoplasma (Freitas et al., 2011), no estudo da herdabilidade de caracteres agrônômicos e da qualidade de frutos em genótipos de diferentes constituições genéticas (Greco et al., 2014) ou em populações melhoradas (Krause et al., 2012; Santos et al., 2019b, c).

Dentre os parâmetros genéticos de maior importância, destacam-se as variâncias e as herdabilidades (Vencovsky; Barriga, 1992; Borém; Miranda, 2009). A variância fenotípica pode ser dividida em variância genotípica e variância ambiental ou residual (Templeton, 2011). A variância genotípica por sua vez, pode ser explicada pelos efeitos de aditividade, dominância e epistasia (Borém; Miranda, 2009). A variância aditiva está atribuída aos efeitos médios dos genes, já a variância de dominância reflete as interações entre alelos de um mesmo loco e a variância epistática está atribuída as interações entre alelos de locos diferentes (Ramalho; Santos; Pinto, 2008; Viana; Gonçalves, 2005).

O conhecimento da variabilidade fenotípica, resultado da ação conjunta dos efeitos genéticos e de ambiente, auxilia o melhorista na escolha dos métodos de

melhoramento, dos locais de condução dos testes de avaliação dos caracteres de interesse, do número de repetições e na predição de ganhos (Borém; Miranda, 2009). Como as variações do ambiente ofuscam as de natureza genética, quanto maior for a proporção deste parâmetro em relação a variabilidade total, mais difícil será selecionar genótipos de forma efetiva (Cruz; Carneiro; 2006)

A variância genética aditiva constitui o indicativo para obtenção de ganhos (Cruz; Carneiro, 2006), pois revela para um determinado caráter o potencial para ser transmitido às gerações subseqüentes aos ciclos de seleção (Falconer, 1987). Por outro lado, a variância genética de dominância, quando constitui uma fração considerável da variância genotípica, é um indicador de dificuldades no processo seletivo. Sua existência é levada em consideração quando se almeja explorar a heterose ou vigor híbrido na população em estudo (Cruz; Regazzi; Carneiro, 2004).

A herdabilidade é a proporção herdável da variabilidade total apresentada por um caráter de maneira que quanto mais próxima de 1 (um), mais representativo é o fenótipo em relação ao genótipo e mais confiável será a seleção (Allard, 1971; Borém, Miranda, 2009). É o parâmetro genético de maior importância e aplicação nos programas de melhoramento de plantas (Cruz; Carneiro, 2006) e sua compreensão norteia sobre os procedimentos e estratégias a serem adotadas nas etapas do desenvolvimento de uma cultivar (Falconer, 1987; Borém; Miranda, 2009), pois permite antever a possibilidade de sucesso com a seleção de materiais genéticos em investigação (Ramalho; Santos; Pinto, 2008).

No sentido amplo, a herdabilidade pode ser definida como a razão da variabilidade genética total em relação à fenotípica, já a herdabilidade no sentido restrito apenas é considerada a porção da variância genética aditiva em relação à fenotípica (Allard, 1971; Vencovsky; Barriga, 1992). A herdabilidade no sentido restrito é a mais útil e explorada pelos programas de melhoramento que tem como prioridade o estudo de espécies de reprodução cruzada, como o é o caso do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims.) (Viana e Gonçalves, 2005). Por outro lado, a herdabilidade no sentido amplo, é utilizada para plantas de propagação assexuada, em que o genótipo é herdado integralmente pelos descendentes (Ramalho; Santos; Pinto, 2008; Souza Júnior, 2001).

É relevante enfatizar, no entanto, que a herdabilidade de um caráter não é uma estimativa imutável, pois não é apenas uma propriedade do caráter, mas também da população e das condições ambientais a que foram submetidos os



indivíduos analisados. Deste modo, entende-se que os valores relacionados a herdabilidade podem ser modificados pela introdução de mais variação genética na população e de maior controle das condições experimentais (Ramalho; Santos; Pinto, 2008). Além disso, não deve ser generalizada, cada população é única e apresenta controle genético e ambiental distintos (Borém, Miranda, 2009).

Neste sentido, Cruz; Regazzi; Carneiro (2004) salientam que selecionar progênes superiores não é tarefa fácil, uma vez que os caracteres de importância, em sua maioria quantitativos, apresentam comportamento complexo por serem influenciados pelo ambiente e estarem interrelacionados de tal forma que a seleção de um pode provocar uma série de mudanças em outros.

#### **2.4.1 Modelos mistos REML/BLUP**

Na década de 1990, houve um progresso qualitativo nas metodologias analíticas de estimativa e seleção de parâmetros genéticos aplicados ao melhoramento de plantas (Resende, 2016). A adoção de análises genético-estatísticas realizadas por modelos mistos vem assumindo, desde então, importante papel no melhoramento de diversas culturas em substituição ao modelo de análise de variância (Anova) (Atroch et al., 2013).

O REML/BLUP (Máxima Verossimilhança Residual ou Restrita/Melhor Previsão Linear Não Viesada) tem sido um procedimento muito utilizado para a estimativa de parâmetros genéticos e a seleção ideal em várias espécies (Resende, 2016), inclusive maracujá (Santos et al., 2015a, b; Cruz Neto et al., 2016; Ferreira, et al., 2016). Na cultura do maracujazeiro, existe carência de genótipos adaptados às regiões de cultivo, sendo necessária a adoção de métodos precisos na seleção dos melhores indivíduos (Ferreira, et al., 2016). Segundo Cruz; Regazzi; Carneiro (2004), o êxito do melhoramento genético está associado à capacidade de acerto na escolha dos melhores indivíduos, ou seja, os genitores das próximas gerações.

Na a metodologia REML/BLUP o REML estima os componentes de variância e parâmetros genéticos para várias situações, inclusive para dados desbalanceados e de heterogeneidade de variâncias, dados complexos (locais, anos, medições, etc), enquanto o BLUP prediz os valores genotípicos (Resende, 2007; Resende, 2016). Além disso, o BLUP é o procedimento de seleção ideal para efeitos genéticos aditivos, efeitos de dominância e efeitos genotípicos, dependendo da situação (Resende, 2016). Ainda maximiza a precisão seletiva e

permite o uso simultâneo de várias fontes de informação, como as de vários experimentos instalados em um ou vários locais (Farias Neto et al., 2009; Resende, 2007).

Os modelos mistos REML/BLUP têm ganhado ampla aplicação no melhoramento de plantas (Oliveira et al., 2014) sendo utilizados com sucesso em espécies florestais como eucalipto (Alves et al., 2018), pinhão-mansão (Spinelli et al., 2015) e guaraná (Atroch et al., 2013), espécies frutíferas como umbu (Oliveira et al., 2004), açaí (Farias Neto et al., 2011) e mamão (Ramos et al., 2014). Para o maracujazeiro tem-se os relatos dos estudos realizados por vários grupos (Santos et al., 2015a; Cruz Neto et al., 2016; Batisti et al., 2017).

Os programas de melhoramento genético, de um modo geral, possuem três fases que envolvem a escolha dos pais que originarão a população base; seleção das progênies superiores, e avaliação das progênies em um maior número de ambientes possíveis. A população de retrocruzamento (RC3) em estudo encontra-se na etapa de seleção das progênies superiores, neste sentido, torna-se essencial a caracterização dessas progênies quanto a precocidade vegetativa e ou reprodutiva e potencial agrônomo com uso de um método que permita maior acurácia na seleção das progênies em estudo.

## Referências

- ABREU, P. P.; SOUZA, M. M.; SANTOS, E. A.; PIRES, M. V.; PIRES, M. M.; ALMEIDA, A. A. F. Passion flower hybrids and their use in the ornamental plant market: perspectives for sustainable development with emphasis on Brazil. **Euphytica**, v. 166, n. 3, p. 307-315, 2009.
- ALLARD, R. W. **Princípios do melhoramento genético de plantas**. São Paulo: Edgard Blucher, 1971. 381p.
- ALVES, R. S.; TEODORO, P. E.; RESENDE, M. D. V.; HENRIQUES, E. P.; SILVA, L. A.; CARNEIRO, P. C. S.; BHERING, L. L. Multiple-trait BLUP: a suitable strategy for genetic selection of Eucalyptus. **Tree genetics & genomes**, v. 14, n. 5, p. 77, 2018.
- AMOROZO, M. C. M. Use and diversity of medicinal plants in Santo Antonio do Leverger, MT, Brazil. **Acta Bot. Bras.**, v. 16, p. 189-203, 2002.
- ARAÚJO, F. P. D.; SILVA, N. D.; QUEIROZ, M. A. D. Divergência genética entre acessos de *Passiflora cincinnata* Mast com base em descritores morfoagronômicos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 3, p. 723-730, 2008.
- ATROCH, A. L.; NASCIMENTO FILHO, F. J.; RESENDE, M. D. V. Seleção genética

simultânea de progênies de guaranazeiro para produção, adaptabilidade e estabilidade temporal. **Revista de Ciências Agrárias**. Recife, v. 56, n. 4, p. 347-352, 2013.

BATISTTI, M.; ARAÚJO, D. V. D.; KRAUSE, W.; MENDES, I. R. N.; AMBRÓSIO, J. Estimates of genetic parameters and selection gains to scab resistance in sour passion fruit. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, n. 4, 2017.

BERNACCI, L. C.; MELETTI, L. M. M.; SOARES-SCOTT, M. D.; PASSOS, I. R. S. Espécies de maracujá: caracterização e conservação da biodiversidade. In: FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. (Eds). **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Embrapa Cerrados: Planaltina, Brasil, p. 559-586, 2005.

BERNACCI, L. C.; CERVI, A. C.; MILWARD-DE-AZEVEDO, M. A.; NUNES, T. S.; IMIG, D. C.; MEZZONATO, A. C. Passifloraceae. In: Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB12506>>. Acesso em: 16 de dezembro de 2019.

BELLON, G.; FALEIRO, G. F.; PEIXOTO, J. R.; JUNQUEIRA, K. P.; JUNQUEIRA, N. T. V.; FONSCECA, K. G.; BRAGA, M. F. Variabilidade genética de acessos obtidos de populações cultivadas e silvestres de maracujazeiro-doce com base em marcadores RAPD. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 31, n. 1, p. 197-202, 2009.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. 5ª ed. Viçosa, MG: UFV, 2009. 529p.

BRAGA, M. F.; JUNQUEIRA, N. T. V.; FALEIRO, F. G.; BELLON, G.; JUNQUEIRA, K. P. Maracujá-doce: melhoramento genético e germoplasma. In: FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. (Eds.). **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina: Embrapa Cerrados, p. 601-616, 2005.

BRAND, R. J.; BURGER, J.T.; RYBICKI, E.P. Cloning, sequencing, and expression in *Escherichia coli* of the coat protein gene of a new potyvirus infecting South African passiflora. **Arch Virol**, v.128, p. 29-41, 1993.

BRUCKNER, C. H.; SUASSUNA, T. M. F.; RÊGO, M. M.; NUNES, E. S. Autoincompatibilidade do maracujá – implicações no melhoramento genético. In: FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. (Eds.). **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, p. 315-338, 2005.

CARVALHO, P. P.; ANTONIAZZI, C. A.; SILVA, N. T.; MIKOSVKI, A. I.; CARVALHO, I. F.; CARVALHO, M. L. S. Regeneração in vitro de *Passiflora miniata* Mast. **Ornamental Horticulture**, v.23, n.1, p.88-95, 2017.

CARDOSO-SILVA, C. B.; MELO, J. R. F.; PEREIRA, A. S.; CERQUEIRA-SILVA, C. B. M.; OLIVEIRA, A. C. Estudo da diversidade genética mediante caracterização físico química de frutos de maracujazeiros-do-sono nativos. **Magistra**, v. 19, p. 352-358, 2007.

CARMO, T. V. B.; MARTINS, L. S. S.; MUSSER, R. D. S.; SILVA, M. M. D.; SANTOS, J. P. O. Genetic diversity in accessions of *Passiflora cincinnata* Mast.

based on morphoagronomic descriptors and molecular markers. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 1, p. 68-77, 2017.

CERQUEIRA-SILVA, C.B.M.; MOREIRA, C.N.; FIGUEIRA, A.R.; CORRÊA, R.X.; OLIVEIRA, A.C. Detection of a resistance gradient to Passion fruit woodiness virus and selection of 'yellow' passion fruit plants under field conditions. *Genetics and Molecular Research*, v. 7, p. 1209-1216, 2008.

CERQUEIRA-SILVA, C. B. M.; CARDOSO-SILVA, C. B.; NONATO, J. V. A.; CORRÊA, R. X.; OLIVEIRA, A. C. Genetic dissimilarity of 'yellow' and 'sleep' passion fruit accessions based on the fruits physical-chemical characteristics. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 9, p. 210-218, 2009.

CERQUEIRA-SILVA, C. B. M.; CONCEIÇÃO, L. D. H. C. S.; SANTOS, E. S. L.; CARDOSO-SILVA, C. B.; PEREIRA, A. S.; OLIVEIRA, A. C.; CORRÊA, R. X. Genetic variability in wild genotypes of *Passiflora cincinnata* based on RAPD markers. **Genetics and molecular research**, v.9, n.4, p.2421-2428. 2010.

CERQUEIRA-SILVA, C.B.M.; SANTOS, E.S.; SOUZA, A.M.; MORI, G.M.; OLIVEIRA, E.J.; CORRÊA, R.X.; SOUZA, A.P. Development and characterization of microsatellite markers for the wild South American *Passiflora cincinnata* (*Passifloraceae*). **American Journal of Botany**, v. 99, p. 170-172, 2012.

CERQUEIRA-SILVA, C. B. M.; CONCEIÇÃO, L. D. H. C. S.; SOUZA, A. P.; CORRÊA, R. X. A history of passion fruit woodiness disease with emphasis on the current situation in Brazil and prospects for Brazilian passion fruit cultivation. **European journal of plant pathology**, v. 139, n. 2, p. 261-270, 2014.

CERVI, A. C. Passifloraceae do Brasil: estudo do gênero *Passiflora* L., subgênero *Passiflora*. Cyanus, 95p.1997.

CHAGAS, C.M.; REZENDE, J.A.M.; COLARICCIO, A.; PIZA, C.T.; Jr., LOPES, L.C.; GALLETI, S.R. Ocorrência do vírus do endurecimento do fruto do maracujazeiro (VEFM) no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 14, p. 187-190, 1992.

COELHO, M. D. S. E.; ANDRADE, K. C. B.; ARAÚJO, F. P.; MELO, N. F. Cytogenetic characterization of the *Passiflora edulis* Sims x *Passiflora cincinnata* Mast. interspecific hybrid and its parents. **Euphytica**, v. 210, n. 1, p. 93-104, 2016.

CORRÊA, R.C.; PERALTA, R.M.; HAMINIUK, C.W.; MACIEL, G.M.; BRACHT, A.; FERREIRA, I.C. Os resultados da última década relacionados à composição nutricional, moléculas bioativas e aplicações biotecnológicas de *Passiflora* spp. (Maracujá). **Trends in Food Science & Technology**, v.58, p.79-95, 2016.

COSTA NETO, E. M. Análise semântica dos nomes comuns atribuídos às espécies de *Passiflora* (*Passifloraceae*) no Estado da Bahia, Brasil. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 3, n. 2, p. 86-94. 2008.

COSTA, A. P.; NOGUEIRA, I.; PEIXOTO, J. R.; VILELA, M. D. S.; BLUM, L. E. B.; VENDRAME, W. Yellow passion fruit reaction to *Xanthomonas axonopodis* pv. *passiflorae* and to Cowpea aphid-borne mosaic virus. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.18, n.4, p.349-356, 2018.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. Modelos Biométricos Aplicados

ao Melhoramento Genético. Viçosa: UFV, 2004. 480p.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético. Viçosa: UFV, 2006. 585p.

DHAWAN, K.; DHAWAN, S.; SHARMA, A. Passiflora: uma atualização de revisão. **Jornal de etnofarmacologia**, v. 94, n. 1, p. 1-23, 2004.

ESASHIKA, D. A. D. S.; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V. Phenology of the production of flowers and fruits of wild and hybrid species of the genus *Passiflora*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 2, p. 1-6, 2018.

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1987. 279p.

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F.; PEIXOTO, J. R. Germoplasma e melhoramento genético do maracujazeiro-desafios da pesquisa. Germoplasma e melhoramento genético do maracujazeiro. Planaltina: Embrapa Cerrados, p.187-209, 2005.

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F.; PEIXOTO, J. R. Caracterização de germoplasma e melhoramento genético do maracujazeiro assistidos por marcadores moleculares: resultados de pesquisa 2005-2008. **Embrapa Cerrados-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2008. 57p.

FARIAS, D. D. H. **Caracterização da diversidade genética e resposta ao Cowpea aphid-borne mosaic virus em acessos e híbridos RC1 de maracujazeiro**. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Viçosa - MG, Universidade Federal de Viçosa, 2016. 155p.

FARIAS NETO, J. T.; RESENDE, M. D. V.; OLIVEIRA, M. S. P. Seleção simultânea em progênies de açaizeiro irrigado para produção e peso do fruto. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 2, p. 532-539, 2011.

FERREIRA, R. T.; VIANA, A. P.; SILVA, F. H. D. L. E.; SANTOS, E. A.; SANTOS, J. O. Intrapopulation recurrent selection in sour passion fruit by mixed models. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.38, n. 1, p. 158-166, 2016.

FISCHER, I. H.; KIMATI, H.; REZENDE, J. A. M. Doenças do maracujazeiro. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN-FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (Eds.). **Manual de Fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 4ª ed, v. 2, São Paulo: Ceres. p.467-474, 2005.

FISCHER, I. H.; REZENDE, J. A. M. Diseases of passion flower (*Passiflora* spp.). **Pest technology**, v. 2, n. 1, p. 1-19, 2008.

FONTENELE, R.; ABREU, R.; LAMAS, N.; ALVES-FREITAS, D.; VIDAL, A.; POPPIEL, R.; MELO, F.; LACORTE, C.; MARTIN, D.; CAMPOS, M.; VARSANI, A.; RIBEIRO, S. *Passion Fruit Chlorotic Mottle Virus*: Molecular Characterization of a New Divergent Geminivirus in Brazil. **Viruses-Basel**, v. 10, p. 169, 2018.

FREITAS, J. P. X.; OLIVEIRA, E. J.; CRUZ NETO, A. J.; SANTOS, L. R. Avaliação de recursos genéticos de maracujazeiro-amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 9, p. 1013-1020, 2011.

FREITAS, J. C.; VIANA, A. P.; SANTOS, E. A.; SILVA, F. H.; PAIVA, C. L.; RODRIGUES, R.; EIRAS, M. Genetic basis of the resistance of a passion fruit segregant population to *Cowpea aphid-borne mosaic virus* (CABMV). **Tropical Plant Pathology**, v. 40, n. 5, p. 291-297, 2015.

FREITAS, J. C.; PIO VIANA, A.; SANTOS, E. A.; PAIVA, C. L.; SILVA, F. H. L.; AMARAL JUNIOR, A. T.; SOUZA, M. M.; DIAS, V. M. Resistance to *Fusarium solani* and characterization of hybrids from the cross between *P. mucronata* and *P. edulis*. **Euphytica**, v. 208, p. 493-507, 2016a.

FREITAS, J.C.O.; VIANA, A.P.; SANTOS, E.A.S.; PAIVA, C.L.; SILVA, F.H.L.; SOUZA, M.M. Sour passion fruit breeding: Strategy applied to individual selection in segregating population of *Passiflora* resistant to *Cowpea aphid-borne mosaic virus* (CABMV). **Scientia Horticulturae**, v.211, p.241-247, 2016b.

GARCÊZ, R. M.; CHAVES, A. L. R.; EIRAS, M.; MELETTI, L. M. M.; AZEVEDO FILHO, J. A.; DA SILVA, L. A.; COLARICCIO, A. Survey of aphid population in a yellow passion fruit crop and its relationship on the spread *Cowpea aphid-borne mosaic virus* in a subtropical region of Brazil. **SpringerPlus**, v. 4, n. 1, p. 537, 2015.

GIBBS, A.; OHSHIMA, K. Potyviruses and the digital revolution. **Annual review of phytopathology**, v. 48, p. 205-223, 2010.

GIORIA, R.; BOSQUÊ, G. G.; REZENDE, J. A. M.; AMORIM, L.; KITAJIMA, E. W. Incidência de viroses de maracujazeiro na Alta Paulista – SP e danos causados pelo *Passion Fruit Woodiness Virus*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 25, p. 182-189, 2000.

GONÇALVES, Z. S.; LIMA, L. K. S.; SOARES, T. L.; ABREU, E. F. M.; BARBOSA, C. J.; CERQUEIRA-SILVA, C. B. M.; JESUS, O. N.; OLIVEIRA, E. J. Identification of *Passiflora* spp. genotypes resistant to *Cowpea aphid-borne mosaic virus* and leaf anatomical response under controlled conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 231, p. 166-178, 2018.

GRECO, S. M. L.; PEIXOTO, J. R.; FERREIRA, L. M. Avaliação física, físico-química e estimativas de parâmetros genéticos de 32 genótipos de maracujazeiro-azedo cultivados no Distrito Federal. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 3, 2014.

JESUS, O. N.; FALEIRO, F. G. Classificação botânica e biodiversidade. In: FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V. (Eds). **Maracujá: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Embrapa: Brasília, DF, p. 22-31, 2016.

JESUS, O. N.; SOARES, T. L.; GIRARDI, E. A.; ROSA, R. C. C.; OLIVEIRA, E. J.; CRUZ NETO, A. J.; SANTOS, V. T.; OLIVEIRA, J. R. P. Evaluation of intraspecific hybrids of yellow passion fruit in organic farming. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, p. 2129-2138, 2016a.

JESUS, O. N.; SOARES, T. L.; OLIVEIRA, E. J.; SANTOS, T. C. P.; FARIAS, D. H.; BRUCKNER, C. H.; NOVAES, Q. S. Dissimilarity based on morphological characterization and evaluation of pollen viability and in vitro germination in *Passiflora* hybrids and backcrosses. **Acta horticulturae**, n. 1127, p. 401-408, 2016b.

JESUS, O. N.; OLIVEIRA, E. J.; FALEIRO, F. G.; SOARES, T. L.; GIRARDI, E. A. **Illustrated morpho-agronomic descriptors for *Passiflora* spp.** Brasília, DF:

Embrapa, 2017. 122p.

JUNQUEIRA, N. T. V.; SUSSEL, A. P. B.; JUNQUEIRA, K. P.; ZACARONI, A. B.; BRAGA, M. F. Doenças. In: FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V. (Eds). **Maracujá: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Embrapa: Brasília, DF, p. 170-180, 2016.

KITAJIMA, E. W.; CHAGAS, C. M.; CRESTANI, O. A. Enfermidades de etiologia viral e associadas a organismos do tipo micoplasma em maracujazeiro no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, v. 11, p. 405-432, 1986.

KITAJIMA, E. W.; REZENDE, J. A. M.; RODRIGUES, J. C. V. *Passion fruit green spot virus* vectored by *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae) on passion fruit in Brazil. **Experimental & applied acarology**, v. 30, n. 1-3, p. 225-231, 2003.

KRAUSE, W.; SOUZA, R. S.; NEVES, L. G.; SILVA, M. L. C.; VIANA, A. P.; FALEIRO, F. G. Ganho de seleção no melhoramento genético intrapopulacional do maracujazeiro-amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 1, p. 51-57, 2012.

KROSNICK, S. E.; PORTER-UTLEY, K.; JORGENSEN, P.; MCDADE, L. New Insights into the Evolution of *Passiflora* subgenus *Decaloba* (*Passifloraceae*): Phylogenetic Relationships and Morphological Synapomorphies. **Syst Bot.**, v. 38, p. 692-713, 2013.

LAMBERS, H.; CHAPIN III, F. S.; PONS T. L. Life Cycles: Environmental Influences and Adaptations. In: **Plant Physiological Ecology**. Springer, New York, NY, p. 352-377, 2008.

LAN, H.; LAI, B.; ZHAO, P.; DONG, X.; WEI, W.; YE, Y.; WU, Z. *Cucumber mosaic virus* infection modulated the phytochemical contents of *Passiflora edulis*. **Microbial pathogenesis**, v. 138, 103828, 2020.

LEÃO, R. M. K.; PEIXOTO, J. R.; JUNQUEIRA, N. T. V.; RESENDE, R. O.; MATTOS, J. K. A.; MELO, B. Reação de progênies de maracujazeiro azedo ao vírus do endurecimento do fruto (*Cowpea aphid borne mosaic virus* - CABMV) em casa de vegetação. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 22, n. 3, p. 87-92, 2006.

LIBERATO, J. R. Controle de plantas causadas por fungos, bactérias e nematoides em maracujazeiro. In: ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R.; MONTEIRO, A. J. A.; COSTA, H. (Eds.). **Controle de doenças de plantas frutíferas**. Viçosa: Suprema, v. 2, p. 699- 825, 2002.

LIMA, L. K. S.; JESUS, O. N.; SOARES, T. L.; OLIVEIRA, S. A. S.; HADDAD, F.; GIRARDI, E. A. Water deficit increases the susceptibility of yellow passion fruit seedlings to *Fusarium* wilt in controlled conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 243, p. 609-621, 2019.

LIMA, L. K. S.; JESUS, O. N.; SOARES, T. L.; SANTOS, I. S.; OLIVEIRA, E. J.; COELHO FILHO, M. A. Growth, physiological, anatomical and nutritional responses of two phenotypically distinct passion fruit species (*Passiflora* L.) and their hybrid under saline conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 263, 2020.

LORETO, T. J. G.; VITAL, A. **Viroses e Micoplasmoses do Maracujá em Pernambuco**. Recife: Informe SERDV, 1983.

MCNIGHT, T. The woodiness virus of the passion vine (*Passiflora edulis* Sims.). **Queensland Journal of Agricultural Science**, v. 10, p. 4-35, 1953.

MELO, J. R. F.; FIGUEIRA, A. R.; MOREIRA, C. N.; OLIVEIRA, A. C. Recent characterization of *Cowpea aphid borne mosaic virus* (CABMV) in Bahia State, Brazil, suggests potential regional isolation. **African Journal of Biotechnology**, v. 14, p. 735-744, 2015.

MELETTI, L. M. M.; SANTOS, R. R.; MINAMI, K. Melhoramento do maracujazeiro-amarelo: obtenção do Cultivar Composto IAC-27. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 3, p. 491-498, 2000.

MELETTI, L. M. M.; SOARES-SCOTT, M. D.; BERNACCI, L. C.; PASSOS, I. R. S. Melhoramento genético do maracujá: passado e futuro. In: FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. (Eds). **Maracujá: Germoplasma e Melhoramento Genético**. Embrapa Cerrados: Planaltina, Brasil, p. 55-78, 2005.

MELETTI, L. M. M. Avanços na cultura do maracujá no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Volume Especial, p. 83-91, 2011.

MITUTI, T.; SPADOTTI, D. M. A.; NARITA, N.; REZENDE, J. A. M. First Report of *Sida Mottle Alagoas Virus* Infecting *Passiflora edulis* in Brazil. **Plant disease**, v. 103, n. 1, 169, 2020.

MONTEIRO-HARA, A. C.; JADÃO, A. S.; MENDES, B. M.; REZENDE, J. A.; TREVISAN, F.; MELLO, A. P. O.; PIEDADE, S. M. Genetic transformation of passionflower and evaluation of R1 and R2 generations for resistance to Cowpea aphid borne mosaic virus. **Plant disease**, v. 95, n. 8, p. 1021-1025, 2011.

MOURA, R. S.; SOARES, T. L.; LIMA, L. K. S.; GHEYI, H. R.; JESUS, O. N.; COELHO FILHO, M. A. Salinity-induced changes in biometric, physiological and anatomical parameters of *Passiflora edulis* Sims plants propagated by different methods. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 10, p. 01-15, 2019.

NARITA, N.; YUKI, V. A.; PAVAN, M. A. Não transmissibilidade do CABMV do maracujazeiro por sementes. **Summa Phytopathologica**, v. 37, n. 4, p. 221-221, 2011.

NASCIMENTO, W. M. O. D., TOMÉ, A. T., OLIVEIRA, M. D. S. P. D., MÜLLER, C. H., & CARVALHO, J. E. U. D. Seleção de progênies de maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) quanto à qualidade de frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.25, n.1, p.186-188, 2003.

NASCIMENTO, A. V. S.; SOUZA, A. R. R.; ALFENAS, P. F.; ANDRADE, G. P.; CARVALHO, M.G.; PIO-RIBEIRO, G.; ZERBINI, F. M. Análise filogenética de *potyvirus* causando endurecimento dos frutos do maracujazeiro no Nordeste do Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, p. 378-383, 2004.

NASCIMENTO, A. V. S.; SANTANA, E. N.; BRAZ, A. S. K.; ALFENAS, P. F.; PIORIBEIRO, G.; ANDRADE, G. P.; CARVALHO, M. G.; ZERBINI, M. F. *Cowpea aphid borne mosaic virus* (CABMV) is widespread in passionfruit in Brazil and causes passionfruit woodiness disease. **Archives Virology**, v. 151, p. 1797-1809, 2006.



NÓBREGA, D. S.; PEIXOTO, J. R.; VILELA, M. S.; FALEIRO, F. G.; GOMES, K. D. P. S.; SOUSA, R. M. D. D.; NOGUEIRA, I. Descritores agronômicos e potencial ornamental de espécies de maracujá. **Horticultura ornamental**, v. 23, n. 3, p. 357-362, 2017.

NOVAES, Q. S.; REZENDE, J. A. M. Possível aplicação do DAS-ELISA indireto na seleção de maracujazeiro tolerante ao *Passionfruit woodiness virus*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 24, n. 1, p. 76-79, 1999.

NOVAES, Q. S.; REZENDE, J. A. M. Selected mild strains of *Passion fruit woodiness virus* (PWV) fail to protect pre-immunized vines in Brazil. **Scientia Agricola**, v. 60, n. 4, p. 699-708, 2003.

NUNES, T. S.; QUEIROZ, L. P. **Flora da Bahia**: Passifloraceae. *Sitientibus*, v. 6, n. 3, p. 194-226, 2006.

OCAMPO, J.; COPPENS, D. G.; RESTREPO, M.; JARVIS, A.; SALAZAR, M.; CAETANO, C. Diversity of Colombia *Passifloraceae*: Biogeography and an updated list for conservation. **Biota Colombiana** v. 8, p. 1-45, 2007.

OCAMPO, J.; D'EECKENBRUGGE, J. C.; JARVIS, A. Distribution of the genus *Passiflora* L. diversity in Colombia and its potential as an indicator for biodiversity management in the coffee growing zone. **Diversity**, v. 2, p. 1158-1180, 2010.

OCAMPO, J.; ARIAS, J. C.; URREA, R. Interspecific hybridization between cultivated and wild species of genus *Passiflora* L. **Euphytica**, v. 209, p. 395-408, 2016.

OCAMPO, J. P.; D'EECKENBRUGGE, G. C. Morphological characterization in the genus *Passiflora* L.: an approach to understanding its complex variability. **Plant Systematics and Evolution**, v. 303, n. 4, p. 531-558, 2017.

OLIVEIRA, V. R.; RESENDE, M. D. V.; NASCIMENTO, C. D. S.; DRUMOND, M. A.; SANTOS, C. A. F. Genetic variability of provenances and progenies of umbu tree by mixed linear model methodology (REML/BLUP). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 1, p. 53-56, 2004.

OLIVEIRA, J. C.; RUGGIERO, C. Espécies de Maracujá com Potencial Agronômico. In: FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. (Eds.). **Maracujá: Germoplasma e Melhoramento Genético**. Embrapa Cerrados, Planaltina, p. 456-464, 2005.

OLIVEIRA, E. J.; SOARES, T. L.; BARBOSA, C. J.; SANTOS-FILHOS, H. P.; JESUS, O. N. Severidade de doenças em maracujazeiro, para identificação de fontes de resistência em condições de campo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, p. 485-492, 2013.

OLIVEIRA, E. J.; SANTANA, F. A.; OLIVEIRA, L. A.; SANTOS, V. S. Genetic parameters and prediction of genotypic values for root quality traits in cassava using REML/BLUP. **Genet. Mol. Res**, v. 13, n. 3, p. 6683-6700, 2014.

PEREIRA, P. P. A.; LIMA, L. K. S.; SOARES, T. L.; LARANJEIRA, F. F.; JESUS, O. N.; GIRARDI, E. A. Initial vegetative growth and survival analysis for the assessment of *Fusarium* wilt resistance in *Passiflora* spp. **Crop Protection**, v. 121, p. 195-203, 2019.

PINTO, P. H. D.; PEIXOTO, J. R.; JUNQUEIRA, N. T. V.; RESENDE, R. O.; MATTOS, J. K. A.; MELO, B. Reação de genótipos de maracujazeiro-azedo ao vírus do endurecimento do fruto (*Cowpea aphid-borne mosaic virus* - CABMV). **Bioscience Journal**, v. 24, n. 2, p. 19-26, 2008.

PIO-RIBEIRO, G.; MARIANO, R. L. R. D. Doenças do maracujazeiro (*Passiflora* spp.). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. **Manual de Fitopatologia: Doenças das plantas cultivadas**. 3. ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, v. 2, p. 525-534, 1997.

PREISIGKE, S. D. C.; SILVA, L. P. D.; SERAFIM, M. E.; BRUCKNER, C. H.; ARAÚJO, K. L.; NEVES, L. G. Seleção precoce de espécies de *Passiflora* resistente a fusariose. **Summa Phytopathologica**, v. 43, n. 4, p. 321-325, 2017.

RAMAIYA, S. D.; BUJANG, J. S.; ZAKARIA, M. H.; SHAHIRAH, N. Floral Behaviour, Flowering Phenology and Fruit Production of Passion Fruit (*Passiflora* Species) in East Malaysia. **Journal of Agriculture Food and Development**, v. 6, p. 1-9, 2020.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. A. B. **Genética na Agropecuária**. Lavras: UFLA, 2008. 464p.

RAMOS, H. C. C.; PEREIRA, M. G.; VIANA, A. P.; LUZ, L. N.; CARDOSO, D. L.; FERREGUETTI, G. A. Combined selection in backcross population of papaya (*Carica papaya* L.) by the mixed model methodology. **American Journal of Plant Sciences**, v. 5, n. 20, 2014.

REIS, L. C. R.; FACCO, E. M. P.; SALVADOR, M.; FLÔRES, S. H.; OLIVEIRA RIOS, A. Antioxidant potential and physicochemical characterization of yellow, purple and orange passion fruit. **Journal of food science and technology**, v. 55, n. 7, p. 2679-2691, 2018.

RESENDE, M. D. V. Análise estatística de modelos mistos via REML/BLUP na experimentação em melhoramento de plantas perenes. **Embrapa Florestas-Documentos (INFOTECA-E)**, 2000. 101p.

RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2002. 975 p.

RESENDE, M. D. V. SELEGEN-REML/BLUP: **Sistema estatístico e seleção genético computadorizada via Modelos Lineares Mistos**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 359p.

RESENDE, M. D. V. Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 16, n. 4, p. 330-339, 2016.

RIBEIRO, R. M.; VIANA, A. P.; SANTOS, E. A.; RODRIGUES, D. L.; COSTA PREISIGKE, S. Breeding passion fruit populations-review and perspectives. **Functional Plant Breeding Journal**, v. 1, n. 1, 2019.

RODRIGUES, G. B.; ROCHA SOBRINHO, G. G.; MITUTI, T.; BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; NOVAES, Q. S. D. Etiology, occurrence and epidemiology of a begomovirus disease in passionflower in the southwest of Bahia. **Scientia Agricola**, v. 76, n. 4, p. 337-343, 2019.

RUGGIERO, C.; SÃO JOSÉ, A. R.; VOLPE, C. A.; OLIVEIRA, J. C.; DURIGAN, J. F.; BAUMGARTNER, J. G.; SILVA, J. R.; NAKAMURA, K.; FERREIRA, M. E.; KAVATI, R.; PEREIRA, V. P. **Maracujá para exportação**: aspectos técnicos da produção. (FRUPEX. Publicações Técnicas, 19). Brasília: EMBRAPA-SPI. 1996. 64p.

SANTOS, C. E. M.; BRUCKNER, C. H.; CRUZ, C. D., DE SIQUEIRA, D. L.; ROSADO, L. D. S. Componentes genéticos aditivos e não aditivos em maracujazeiro-azedo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 5, p. 482-490, 2011.

SANTOS, E. A.; VIANA, A. P.; FREITAS, J. C. O.; RODRIGUES, D. L.; TAVARES, R. F.; PAIVA, C. L.; SOUZA, M. M. Genotypes election by REML/BLUP methodology in a segregating population from an interspecific *Passiflora* spp. crossing. **Euphytica**, p. 1-11, 2015a.

SANTOS, E. A.; VIANA, A. P.; FREITAS, J. C. O.; SILVA, F. H. D. L.; RODRIGUES, R.; EIRAS, M. Resistance to *Cowpea aphid-borne mosaic virus* in species and hybrids of *Passiflora*: advances for the control of the passion fruit woodiness disease in Brazil. **European journal of plant pathology**, v. 143, n. 1, p. 85-98, 2015b.

SANTOS, J. L.; MATSUMOTO, S. N.; OLIVEIRA, P. N. D.; OLIVEIRA, L. S. D.; SILVA, R. D. A. Morphophysiological analysis of passion fruit plants from different propagation methods and planting spacing. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 2, p. 305-312, 2016a.

SANTOS, C. H. B.; OLIVEIRA, E. J.; LARANJEIRA, F. F.; JESUS, O. N.; GIRARDI, E. A. Growth, fruit set, and fusariosis reaction of yellow passion fruit grafted onto *Passiflora* spp. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n. 3, 2016b.

SANTOS, E. A.; VIANA, A. P.; WALTER, F. H.B.; FREITAS, J. C. O.; RAMOS, H. C. C.; BOECHAT, M. S. B. First report of a genetic map and evidence of QTL for resistance to CABMV in a segregating population of *Passiflora*. **EUROPEAN JOURNAL OF PLANT PATHOLOGY**, v. 1, p. 12-16, 2019a.

SANTOS, V. O.; VIANA, A. P.; PREISIGKE, S. D. C.; SANTOS, E. A. Backcrosses in a segregating population of *Passiflora* mediated by morphoagronomic and resistance traits. **Bragantia**, v. 78, n. 4, p. 542-552, 2019b.

SANTOS, V.O.D.; VIANA, A.P.; PREISIGKE, S.D. C.; SANTOS, E.A. Characterization of a segregating population of passion fruit with resistance to *Cowpea aphid borne mosaic virus* through morpho-agronomic descriptors. **Gen. Mol. Res.** 18, 1-13, 2019c.

SÃO JOSÉ, A. R.; BOMFIM, M. P.; HOJO, R. H.; ANGEL, D. N.; PIRES, M. de M. Doenças do maracujazeiro. In: PIRES, M. M.; SÃO JOSÉ, A. R.; CONCEIÇÃO, A. O. **Maracujá**: avanços tecnológicos e sustentabilidade. Ilhéus: Editus, p. 115 146, 2011.

SHUKLA, D. D.; WARD, C. W. Homologia da sequência de aminoácidos das proteínas do revestimento como base para identificação e classificação do grupo *potyvirus*. **Journal of General Virology**, v. 69, n. 11, p. 2703-2710, 1988.

SIEBRA, A. L. A.; OLIVEIRA, L. R.; MARTINS, A. O. B. P. B.; SIEBRA, D. C.; ALBUQUERQUE, R. S.; LEMOS, I. C. S.; DELMONDES, G. A.; TINTINO, S. R.;

FIGUEREDO, F. G.; COSTA, J. G. M.; COUTINHO, H. D. M.; MENEZES, I. R. A.; FELIPE, C. F. B.; KERNTOPF, M. R. Potentiation of antibiotic activity by *Passiflora cincinnata* Mast. front of strains *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. **Saudi journal of biological sciences**, v. 25, n. 1, p. 37-43, 2018.

SILVA, L. A. S.; GARCÊZ, R. M, CHAVES, A. L. R.; COLARICCIO, A.; EIRAS, M. Transmissão experimental revela novos potenciais reservatórios do *Cowpea aphid borne mosaic virus*. **Summa Phytopathologica**, v. 38, p. 168-169, 2012.

SILVA M. L.; PINTO, D. L. P.; GUERRA, M. P.; LANII, E. R. G.; CARVALHO, I. F.; ROSSI, A. A. B.; OTONI, W. C. Production of synthetic seeds of wild passion fruit with ornamental potential. **Ornamental Horticulture**, v. 21, n. 3, p. 331-338, 2015.

SILVA, G. S.; BORGES, G. S. C.; CASTRO, C. D. P. C.; AIDAR, S. T.; MARQUES, A. T. B.; FREITAS, S. T.; RYBKA, A. C. P.; CARDARELLI, H. R. Physicochemical quality, bioactive compounds and in vitro antioxidant activity of a new variety of passion fruit cv. BRS Sertão Forte (*Passiflora cincinnata* Mast.) from Brazilian Semiarid region. **Scientia Horticulturae**, v. 272, p. 109595, 2020.

SOARES, T. L.; JESUS, O. N.; SANTOS-SEREJO, J. A.; OLIVEIRA, E. J. In vitro pollen germination and pollen viability in passion fruit (*Passiflora* spp.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 4, p. 1116-1126, 2013.

SOARES, T. L.; JESUS, O. N.; SOUZA, E. H.; OLIVEIRA, E. J. Reproductive biology and pollen-pistil interactions in *Passiflora* species with ornamental potential. **Scientia Horticulturae**, v. 197, p. 339-349, 2015.

SOUZA JÚNIOR, C. L. Melhoramento de espécies alógamas. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; INGLIS, M. C. V. (Org.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas**. Rondonópolis: Fundação Mato Grosso, p.159-200, 2001.

SPADOTTI, D. M. D. A.; FAVARA, G. M.; NOVAES, Q. S.; MELLO, A. P. O. A.; FREITAS, D. M. S.; MOLINA, J. E.; REZENDE, J. A. M. Long-lasting systematic roguing for effective management of CABMV in passion flower orchards through maintenance of separated plants. **Plant Pathology**, v. 68, n. 7, p. 1259-1267, 2019a.

SPADOTTI, D. M. D. A.; BELLO, V. H.; FAVARA, G. M.; STANGARLIN, O. S.; KRAUSE-SAKATE, R.; REZENDE, J. A. M. *Passiflora edulis*: new natural host of *Melochia yellow mosaic virus* in Brazil. **Australasian Plant Disease Notes**, v. 14, n. 1, 2019b.

SPINELLI, V. M.; DIAS, L. A. S.; ROCHA, R. B.; RESENDE, M. D. V. Estimates of genetic parameters with selection within and between half-sib families of *Jatropha curcas* L. **Industrial Crops and Products**, v. 69, p. 355-361, 2015.

RAMAIYA, S., D.; BUJANG, J., S.; ZAKARIA, M. H. Genetic diversity in *Passiflora* species assessed by morphological and ITS sequence analysis. **The Scientific World Journal**, v. 2014, 2014.

RAMAIYA, S. D.; BUJANG, J. S.; ANDZAKARIA, M. H. Floral Behaviour and Unique Autonomous Self-pollination of *Passiflora* Species (Passion Fruit). **Transactions of The Malaysian Society of Plant Physiology**, p. 79, 2019.

TAYLOR, R. H.; GREBER, R. S. **Passion fruit woodiness virus**. Fainhani Royal: Commom wealth Mycological Institute, 1973.

TEMPLETON, A. R. **Genética de populações e teoria microevolutiva**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 2011. 705p.

TREVISAN, F.; MENDES, B. M. J.; MACIEL, S. C.; VIEIRA, M. L. C.; MELETTI, L. M. M.; REZENDE, J. A. M. Resistance to Passion fruit woodiness virus in transgenic passionflower expressing the virus coat protein gene. **Plant Disease**, v. 90, n. 8, p. 1026-1030, 2006.

ULMER, T.; MACDOUGAL, J. M. **Passiflora: passionflowers of the world**. Timber Press (OR), 2004. 407p.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496p.

VIANA, F. M. P.; FREIRE, F.; CARDOSO, J. E.; VIDAL, J. C. Principais doenças do maracujazeiro na Região Nordeste e seu controle. Embrapa Agroindústria Tropical- **Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2003.

VIANA, A. P.; GONÇALVES, G. M. Genética quantitativa aplicada ao melhoramento genético do maracujazeiro. In: FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F.25 (Ed.). **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina: Embrapa Cerrados, p.243-274, 2005.

VIANA, A. P.; FERREIRA, R. T.; FREITAS, J. C. D. O.; SANTOS, J. O.; RODRIGUES, D. L. Measurement of genetic diversity in progenies of sour passion fruit by Ward-MLM methodology: a strategy for heterotic group formation. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 3, p. 240-246, 2014a.

VIDAL, A. H.; SANCHES, M. M.; ALVES-FREITAS, D. M. T.; ABREU, E. F. M.; LACORTE, C.; PINHEIRO-LIMA, B.; ROSA, R. C. C.; JESUS, O. N.; CAMPOS, M. A.; VARSANI, A.; RIBEIRO, S. G. First World Report of *Cucurbit Aphid-Borne Yellows Virus* Infecting Passionfruit. **PLANT DISEASE**, v. 102, p. 2665-2665, 2018.

XIE, L.; GAO, F.; ZHENG, S.; ZHANG, X.; ZHANG, L.; LI, T. Molecular characterization of a new potyvirus infecting passion fruit. **Archives of virology**, v.164, n. 7, p. 1903-1906, 2019.

ZERBINI JUNIOR, F. M.; CARVALHO, M. G., ZAMBOLIM, E. M. **Introdução à virologia vegetal**. Viçosa: UFV, 2006. 145p.

## CAPÍTULO I

### **PRECOCIDADE FENOLÓGICA E RESISTÊNCIA AO CABMV EM PROGÊNIES DE MARACUJAZEIRO DA TERCEIRA GERAÇÃO DE RETROCRUZAMENTO<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup>Artigo a ser traduzido e submetido para o comitê editorial do periódico *Scientia Horticulturae*.

## Precocidade fenológica e resistência ao CABMV em progênies de maracujazeiro da terceira geração de retrocruzamento

**Resumo:** O desenvolvimento de novas cultivares de maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Sims.) que conjuguem precocidade reprodutiva, alta produtividade e resistência a virose do endurecimento dos frutos, causada pelo *cowpea aphid-borne mosaic virus* – CABMV é essencial para a passicultura brasileira. O objetivo deste trabalho foi avaliar a precocidade em relação aos estádios fenológicos vegetativos e reprodutivos e a resistência ao CABMV em uma população da terceira geração de retrocruzamento - RC3 [(*P. edulis* x *P. cincinnata*) x *P. edulis*]. O experimento foi conduzido em condições de campo no delineamento em blocos aumentados. Foram avaliadas 849 progênies RC3 pertencentes a 22 famílias e 10 testemunhas de maracujá amarelo. Para avaliação dos estádios fenológicos foi registrado semanalmente o número de dias após o plantio (DAP) em que os ramos primários alcançaram o arame de condução a 2,00 m, a emissão inicial dos ramos secundários e terciários e a presença de flores e frutos nesses ramos. Quanto a produção, foram realizadas três contagens do número de frutos por planta. A severidade ao CABMV foi avaliada mensalmente em condições de ocorrência natural com base numa escala de notas que variou de 1 (resistente) a 4 (altamente suscetível) e os valores convertidos em índice de doença (ID%) de McKinney. De modo geral, as famílias RC3 foram superiores às testemunhas para todos os caracteres fenológicos e produção de frutos e as testemunhas consideradas tardias, pouco produtivas e altamente suscetíveis ao CABMV. As famílias BC3.A, BC3.B, BC3.E, BC3.F, BC3.G, BC3.I, BC3.J, BC3.K e BC3.L se destacaram como as mais precoces vegetativa e reprodutivamente. As famílias BC3.A, BC3.B e BC3.G destacaram-se com produção média acumulada acima de 70 frutos por planta. Em relação a classificação das progênies quanto CABMV, 34 foram resistentes (ID de 0,0 a 14,81%) e 299 moderadamente resistentes com (ID de 16,67 a 30,0%), e entre as famílias, BC3.A, BC3.B e BC3.G agruparam maior número de progênies resistentes e moderadamente resistentes. De maneira geral, a população RC3 de maracujazeiro permitiu a identificação de progênies vigorosa, precoces, produção elevada de frutos e tolerância ao CABMV.

**Palavras chave:** Desenvolvimento de plantas; Hibridação interespecífica Precocidade reprodutiva; *Passiflora edulis* Sims; Tolerância

## Phenological precocity and resistance to CABMV in passionfruit progenies of the third generation of backcross

**Abstract:** The development of new yellow passionfruit cultivars (*Passiflora edulis* Sims.) that combine reproductive precocity, high productivity and resistance to passionfruit woodiness virus, caused by the cowpea aphid-borne mosaic virus - CABMV is essential for Brazilian passiculture. The objective of this work was to evaluate the precocity in relation to the vegetative and reproductive phenological stages and resistance to CABMV in a population of the third generation of backcross - RC3 [(*P. edulis* x *P. cincinnata*) x *P. edulis*]. The experiment was carried out under field conditions in the augmented block design. It was evaluated 849 progenies of RC3 of 22 families and 10 yellow passionfruit (controls). For the assessment of phenological stages, the number of days after planting (DAP) was recorded weekly in which the primary branches reached the conduction wire at 2.00 m, the initial emission of the secondary and tertiary branches and the presence of flowers and fruits in these branches. The number of fruits per plant were performed with three counts. CABMV severity was held monthly under naturally occurring conditions with a rating scale that ranged from 1 (resistant) to 4 (highly susceptible) and the values converted into McKinney's disease index (ID%). In general, the RC3 families were superior to the controls for all phenological traits and fruit production. The controls were considered late, not very productive and highly susceptible to CABMV. The BC3.A, BC3.B, BC3.E, BC3.F, BC3.G, BC3.I, BC3.J, BC3.K and BC3.L families stood out as the earliest vegetatively and reproductively. The BC3.A, BC3.B and BC3.G families stood out with accumulated average production above 70 fruits per plant. Regarding the classification of progenies according to CABMV, 34 were resistant (ID from 0.0 to 14.81%) and 299 moderately resistant with (ID from 16.67 to 30.0%), and between families, BC3.A, BC3.B and BC3.G grouped a larger number of resistant and moderately resistant progenies. In general, the RC3 population of passionfruit allowed the identification of vigorous, early progenies, high fruit production and tolerance to CABMV.

**Keywords:** Plant development; Interspecific hybridization; Reproductive precocity; *Passiflora edulis* Sims; Tolerance



## 1 Introdução

O Brasil se destaca no cenário internacional como o maior produtor e consumidor de maracujazeiro (Faleiro et al., 2019), com mais de 95% da produção representada pelo maracujá amarelo ou azedo (*Passiflora edulis* Sims) (Bernacci, et al., 2008). Essa frutífera tem importância social e econômica, gera emprego, renda e apresenta rápido retorno do capital investido (Ribeiro et al., 2019), especialmente na região Nordeste, considerada a maior produtora do país com 62% (IBGE, 2020).

Nos últimos 10 anos a produtividade média nacional tem se mantido baixa, variando de 12,0 a 15,0 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2020) devido, entre outros fatores, aos problemas fitossanitários (Cerqueira-Silva et al., 2014b). A virose do endurecimento dos frutos, causada pelo *Cowpea aphid-borne mosaic virus* – CABMV (Nascimento et al., 2006) é considerada a doença de parte aérea mais importante economicamente para a cultura (Freitas et al., 2015; Santos et al., 2015a, b) e, como agravante, não há cultivares comerciais de maracujá amarelo com resistência (Correa et al., 2015; Preisigke et al., 2020), nem métodos curativos, apenas estratégias de manejo (Garcêz et al., 2015; Spadotti et al., 2019).

Uma vez instalado nos pomares, o CABMV impacta no crescimento e no desenvolvimento das fases fenológicas das plantas de maracujá, diminui o vigor e provoca danos qualitativos e quantitativos na produção (Fischer; Rezende, 2008; Jesus et al., 2016b). Os sintomas mais severos são: bolhosidade e deformação nas folhas, enquanto os frutos apresentam tamanho reduzido, pericarpo espesso, deformado e endurecido (Correa et al., 2015; Costa et al., 2018). Com a redução da longevidade e a necessidade de renovação anual das áreas (Roncatto et al., 2011; Cerqueira-Silva et al. 2014a; Rodrigues et al., 2016), estima-se que as perdas na produção possam chegar à 100% (Ribeiro et al., 2019).

A seleção de materiais precoces reprodutivamente, que apresentem resistência ou tolerância ao CABMV pode minimizar os impactos desta doença e permitir a obtenção de dois ou mais ciclos de produção (Jesus et al., 2016a, b). Para tal, os programas de melhoramento genético têm explorado a ampla diversidade do gênero *Passiflora* (Ocampo; D'eeckenbrugge, 2017; Ramaiya et al., 2019) e identificado espécies silvestres com resistência genética (Oliveira et al., 2013; Freitas et al., 2016a,b; Gonçalves et al., 2018; Sacoman et al., 2018) para a introgressão de alelos de interesse na espécie comercial *P. edulis* por meio de

hibridações interespecíficas (Fonseca et al., 2009; Freitas et al., 2015; Santos et al., 2015a, b; Freitas et al., 2016b; Jesus et al. 2016b; Santos et al., 2019).

A espécie *Passiflora cincinnata* Mast. conhecida popularmente como “maracujá do mato” exibe, além de resistência ao CABMV (Oliveira et al., 2013; Gonçalves et al., 2018), aspectos importantes como longevidade, período de florescimento prolongado (Soares et al., 2013; Siebra et al., 2016) e tolerância à seca (Carmo et al., 2017; Souza et al., 2018). Aliado a esses fatores, o cruzamento de *P. edulis* com *P. cincinnata* é totalmente viável, pois há compatibilidade cromossômica entre as duas espécies ( $2n=18$ ) (Coelho et al., 2016). Populações de melhoramento genético foram geradas pela Embrapa Mandioca e Fruticultura envolvendo essas espécies através de ciclos de seleção e retrocruzamentos (RC) (Jesus et al., 2016b), chegando-se a terceira geração (RC3), cuja avaliação busca selecionar híbridos que conjuguem precocidade, produtividade e resistência ou tolerância ao CABMV.

Considerando que híbridos oriundos de retrocruzamento apresentam uma ampla variação para os caracteres morfológicos (Santos et al., 2019), agronômicos (Jesus et al., 2016a, b) e fenológicos (Bernardes et al., 2020), torna-se essencial a caracterização para a seleção das progênes. A avaliação fenológica quanto ao desenvolvimento vegetativo (emissão dos ramos) e reprodutivo (florescimento e frutificação) das plantas é de suma importância na seleção de híbridos promissores (Bernardes et al., 2020; Ramaiya et al., 2020).

Sabe-se que a infecção por vírus tem efeito negativo no crescimento e reprodução de plantas (Pagan et al., 2010). Desta forma, a precocidade das progênes em relação às fases vegetativas e reprodutivas pode contribuir com uma menor exposição das plantas ao vírus ou manejar época plantio para condição menos favorável a multiplicação do vírus ou do vetor. Assim, este estudo teve como objetivo avaliar a precocidade em relação aos estádios fenológicos vegetativos e reprodutivos e tolerância/resistência a severidade da virose do endurecimento dos frutos - CABMV em uma população da terceira geração de retrocruzamento - RC3 [(*P. edulis* x *P. cincinnata*) x *P. edulis*].

## **2 Material e Métodos**

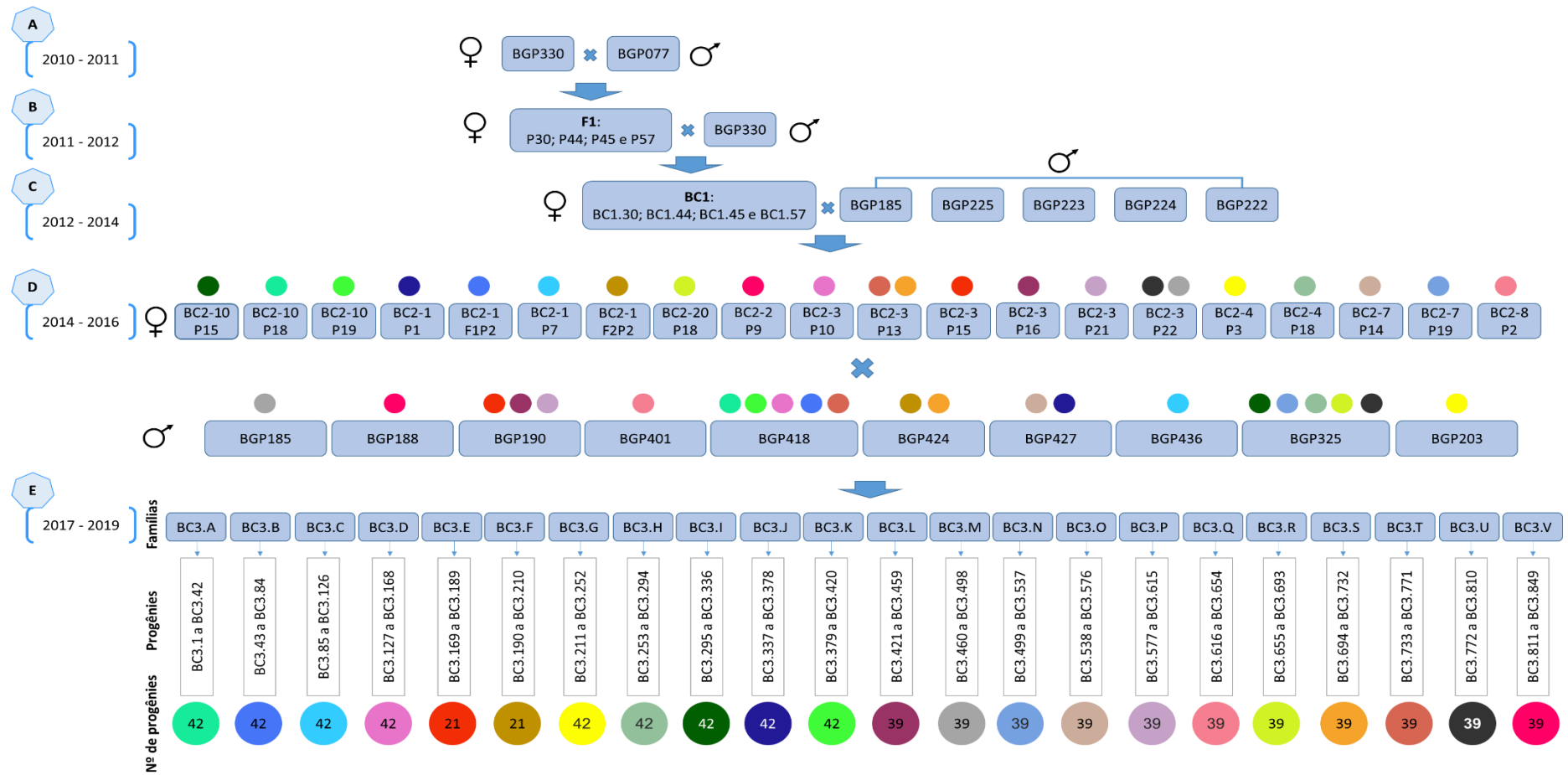
### **2.1 Local do experimento**

O experimento foi instalado na área experimental da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas-BA (12° 39' 25" S, 39° 07' 27" W, 222 m). De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é uma transição do tipo Am a Aw (tropical subúmido a seco). O solo da área experimental é classificado como Latossolo Amarelo Distrocoeso álico. A temperatura média referente à época do experimento variou de 22 a 33 °C, a precipitação pluviométrica de 60 a 173 mm (concentrada de maio a julho) e umidade variando em torno de 60 e 88% (INMET, 2020).

## **2.2 Obtenção da população segregante da terceira geração de retrocruzamento (RC3)**

O Programa de Melhoramento Genético do Maracujazeiro da Embrapa Mandioca e Fruticultura (PMGM-Embrapa), visando a obtenção de genótipos superiores e resistentes ao CABMV, realizou entre os anos de 2010 e 2011 hibridações interespecíficas entre os acessos ♀ BGP330 (*Passiflora edulis* Sims.) e ♂ BGP077 (*Passiflora cincinnata* Mast.), com o intuito de introgradir os alelos de resistência ao CABMV da espécie silvestre *P. cincinnata* Mast (Oliveira et al., 2013; Gonçalves et al., 2018) para a espécie comercial (Figura 1a).

Dos cruzamentos, foram selecionados com base na menor severidade ao CABMV, quatro híbridos interespecíficos F1 (P30, P44, P45 e P57) entre os anos de 2011 e 2012 (Figura 1b), sendo retrocruzados com o genitor recorrente (BGP330) dando origem as progênies da primeira geração de retrocruzamento – RC1, avaliadas de 2012 a 2014. Dessa população foi possível selecionar progênies por apresentarem menor severidade da doença do endurecimento dos frutos (CABMV) e boas características agronômicas (Jesus et al., 2016b) (Figura 1c). As 92 progênies da segunda geração de retrocruzamento - RC2 foram obtidas através de cruzamentos artificiais envolvendo as plantas BC1 (♀) com cinco acessos de *P. edulis* (BGP185, BGP222, BGP223, BGP224 e BGP225) (♂), avaliados entre os anos de 2014 e 2016 (Figura 1d). A população RC3, por sua vez, resultou do cruzamento entre 20 progênies BC2 (♀) com dez acessos (♂) do BAG-Maracujá da Embrapa: BGP185, BGP188, BGP190, BGP203, BGP325, BGP401, BGP418, BGP424, BGP427 e BGP436, sendo geradas 22 famílias (BC3.A a BC3.V) compostas por 849 progênies (BC3.1 a BC3.849) (Figura 1e).



**Figura 1.** Genealogia utilizada para obtenção das famílias e suas progênes da terceira geração de retrocruzamento (RC3). Os círculos menores com as mesmas cores indicam a direção dos cruzamentos e a família RC3 resultante (Exemplo: BC2.10P15 (♀) x BGP325 (♂) resultou na família BC3.I). Número dentro do círculo maior indica a quantidade de progênes avaliadas por família RC3.

### **2.3 Semeadura, plantio e tratos culturais**

Para a semeadura da população RC3 estipulou-se uma média de 150 sementes por material. Esta etapa foi realizada em telado antiafídeo e foram utilizadas bandejas de polietileno compostas por 162 células e com capacidade de 50 mL cada. O substrato utilizado foi uma mistura de Vivatto® e fibra de coco na proporção 3:1, sendo adicionada a esta mistura 20 g L<sup>-1</sup> do fertilizante Osmocote®. O plantio das mudas das progênes RC3 em campo ocorreu aos 54 dias após a semeadura.

O cultivo foi conduzido em espaldeiras de 2,00 m de altura e um fio de arame no espaçamento 2,00 m entre filas e 2,70 m entre plantas. A condução das plantas foi realizada em haste única, usando como tutor um barbante de algodão até atingirem a altura da espaldeira. A irrigação suplementar utilizada foi por gotejamento e os tratos culturais usualmente recomendados ao cultivo do maracujazeiro foram seguidos (Lima et al., 2011).

### **2.4 Avaliação dos estádios fenológicos (vegetativo e reprodutivo) das progênes RC3**

Aos 26 dias após o plantio (DAP) iniciou-se as avaliações do desenvolvimento das progênes RC3 em campo, totalizando 26 avaliações, entre os 26 e 218 DAP. A avaliação dos descritores morfoagronômicos consistiu em registrar a data em que cada progênie deu início as diferentes fases do seu desenvolvimento vegetativo (ramos primários, secundários e terciários) e reprodutivo (presença de flores e frutos) (Jesus et al., 2017).

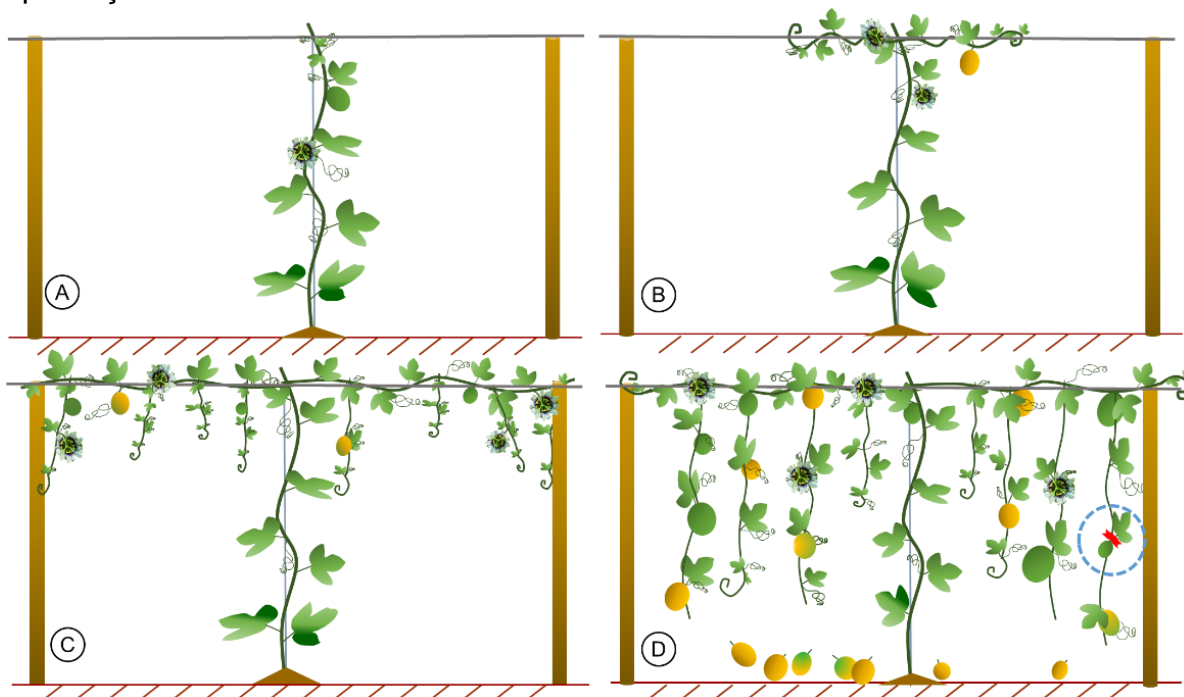
A presença dos ramos primários foi tomada quando as progênes alcançaram o arame de condução (2,00 m de altura) (Figura 2a). Visando propiciar a emissão dos ramos secundários, a poda dos ápices das plantas foi realizada e, os novos ramos, registrados logo no início da sua brotação (Figura 2b). O mesmo procedimento foi realizado para os ápices dos ramos secundários que foram tutorados horizontalmente e cresceram até o limite da planta mais próxima, para que, a partir deles, os ramos terciários fossem emitidos e registrados após brotação inicial (Figura 2c).

A presença de flores e frutos foi registrada em todos os ramos, não apenas nos terciários (Figura 2a-c), pois o intuito era identificar progênes que apresentassem maior precocidade tanto no florescimento quanto na frutificação.

Salienta-se, no entanto, que os frutos produzidos nos ramos primários, embora tenham sido registrados, foram eliminados para evitar gasto energético das plantas (Cavichioli et al., 2009; Andrade et al., 2019).

## 2.5 Avaliação do número de frutos

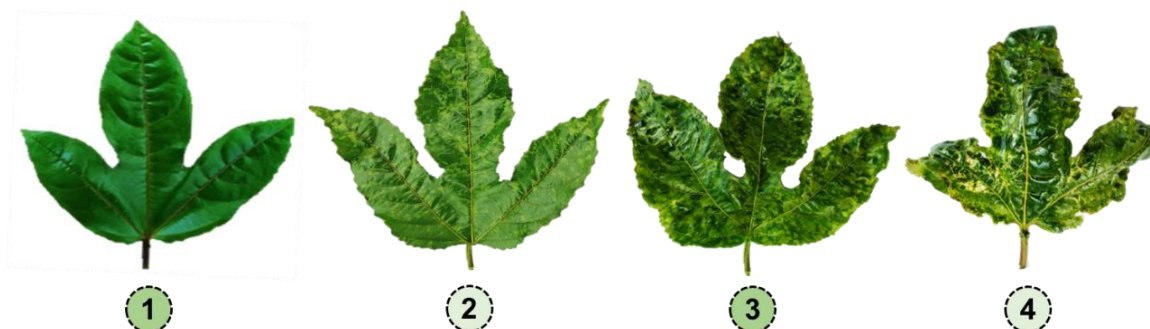
Foram realizadas três contagens de frutos por planta em campo aos 139, 226 e 352 DAP, onde todos os frutos, desde o estágio inicial de desenvolvimento até a maturação, foram registrados. Para evitar a contagem antecipada e/ou tardia, marcou-se com fita do tipo cetim colorida um fruto em estágio inicial em cada planta avaliada, para que, só após seu desenvolvimento, maturação e abscisão, uma nova contagem fosse realizada (Jesus et al., 2017) (Figura 2d). As variáveis mensuradas foram o número médio de frutos produzidos por planta nas três avaliações e produção acumulada.



**Figura 2.** Avaliação dos estágios fenológicos e produção em progênies da terceira geração de retrocruzamento - RC3 em condições de campo. A) ramos primários (2,00 m de altura); B) ramos secundários; C) ramos terciários e D) contagem do número de frutos. Círculo (D) mostra a marcação de frutos para contagem futura de número de frutos.

## 2.6 Avaliação da severidade a virose do endurecimento dos frutos (CABMV)

As avaliações dos sintomas da virose do endurecimento dos frutos causada pelo CABMV foram realizadas mensalmente após a ocorrência natural da doença em campo, aos 71, 106, 134, 162, 191, 232, 263, 293, 324 e 357 DAP, totalizando 10 avaliações. Utilizou-se o critério de sintomatologia visual de acordo com a intensidade de manifestação dos sintomas foliares para a planta de uma forma geral (Oliveira et al., 2013; Jesus et al., 2017) por meio de uma escala de notas que variou de 1 a 4 (Novaes; Rezende, 1999; Fonseca, 2009) (Figura 3).



**Figura 3.** Sintomatologia das 849 progênies RC3 e suas testemunhas avaliadas em condições de campo para a virose do endurecimento dos frutos (CABMV). 1) folhas da planta sem sintomas (R= resistente); 2) folhas da planta com mosaico leve, sem deformação e bolhas (MR = moderadamente resistente); 3) folhas da planta com mosaico intenso e bolhosidade (S= suscetível); 4) folhas da planta com mosaico, bolhas e deformação severa no limbo (AS = altamente suscetível).

A severidade do CABMV foi quantificada com uso do Índice de Doença (ID) proposto por McKinney (1923). O cálculo do índice foi realizado com base na ponderação da escala de notas de infecção, por meio da seguinte fórmula:  $ID (\%) = \frac{\sum(GS \times L)}{(TNL \times HGS)} \times 100$ , onde: GS = grau da escala determinada para cada planta; L = número de plantas que aparecem em cada grau da escala; TNL = número total de plantas e HGS = nota mais alta da escala. Posteriormente, foram gerados histogramas com base em quatro intervalos estimados para a classificação das progênies como resistentes - R (ID variando de 0,0 – 15,9%), moderadamente resistentes - MR (ID variando de 16,0 – 31,9%), suscetíveis - S (ID variando de 32,0 – 50,9%) e altamente suscetíveis - AS (ID  $\geq$  51,0%).

## 2.7 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos aumentados (DBA), constituído por três blocos, 849 tratamentos não comuns (progênes RC3) e 10 tratamentos comuns (testemunhas – TESTE) representados por acessos de maracujá amarelo (*P. edulis*) oriundos do BAG-Maracujá da Embrapa: BGP038; BGP185; BGP188; BGP190; BGP400; BGP401; BGP418; BGP424; BGP425 e BGP427 com nove plantas por acesso.

## 2.8 Análise estatística

Os dados fenotípicos de todas as variáveis avaliadas foram submetidos a análise de variância e cada progênie foi considerada como uma repetição das famílias. As médias do número de dias após o plantio (DAP) para o início dos estádios fenológicos e o índice de doença (ID) foram ilustradas através de box plots. Posteriormente os dados foram submetidos a uma análise de variância e as médias das famílias foram agrupadas pelo teste Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ) com o auxílio do programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2011).

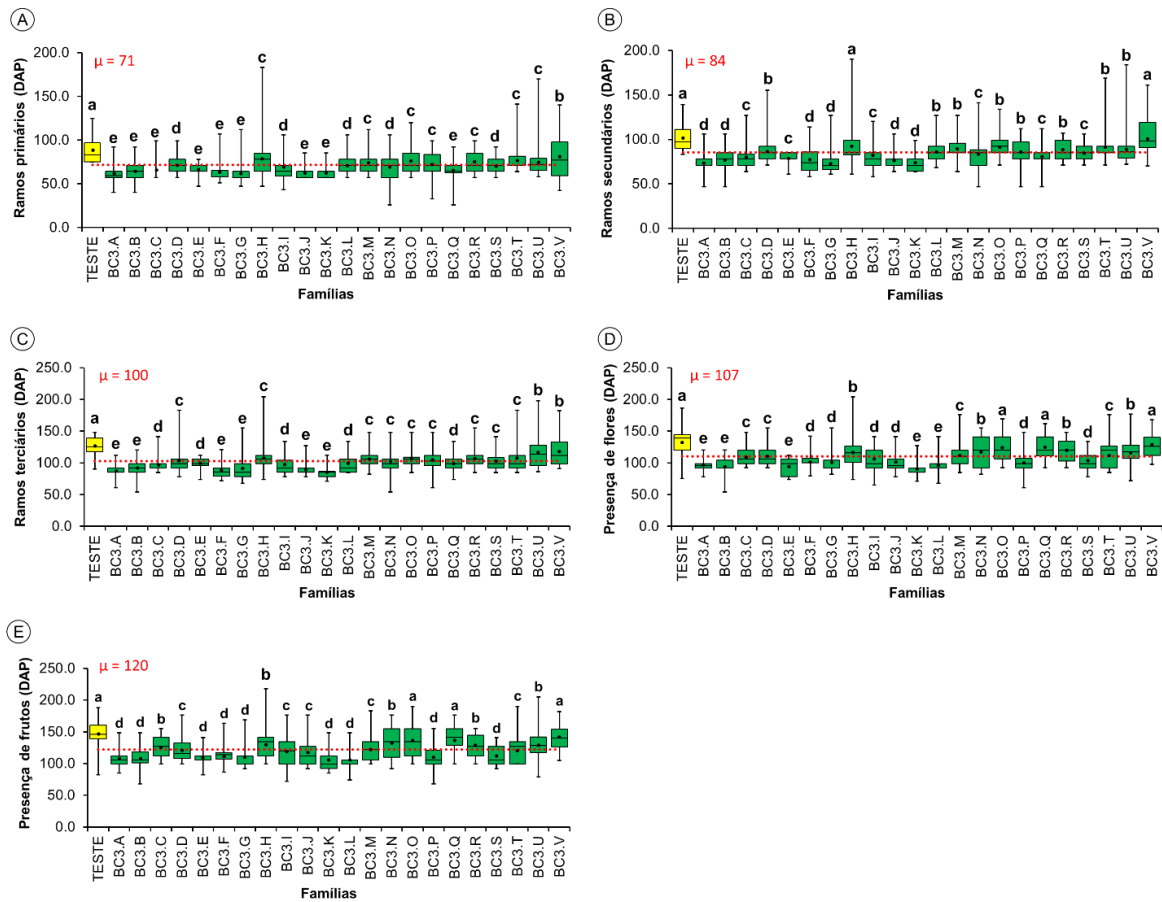
## 3 Resultados

### 3.1 Avaliação dos estádios fenológicos (vegetativo e reprodutivo) das progênes RC3

A análise do número de dias após o plantio (DAP) para cada fase do desenvolvimento vegetativo (presença de ramos primários, secundários e terciários) e reprodutivo (presença de flores e frutos), revelou diferenças significativas entre as 22 famílias RC3 e testemunhas (TESTE) aos 218 DAP (Figura 4).

As médias da população ( $\mu$ ) em relação as três variáveis vegetativas avaliadas foram: 71 DAP para alcançar 2,00 m de altura (ramos primários); 84 DAP para emitir os ramos secundários e 100 DAP para iniciar o desenvolvimento dos ramos terciários (Figura 4a-c). Em relação aos dois caracteres reprodutivos, a média foi de 107 DAP para emissão de flores e 120 DAP para frutos (Figura 4d-e).



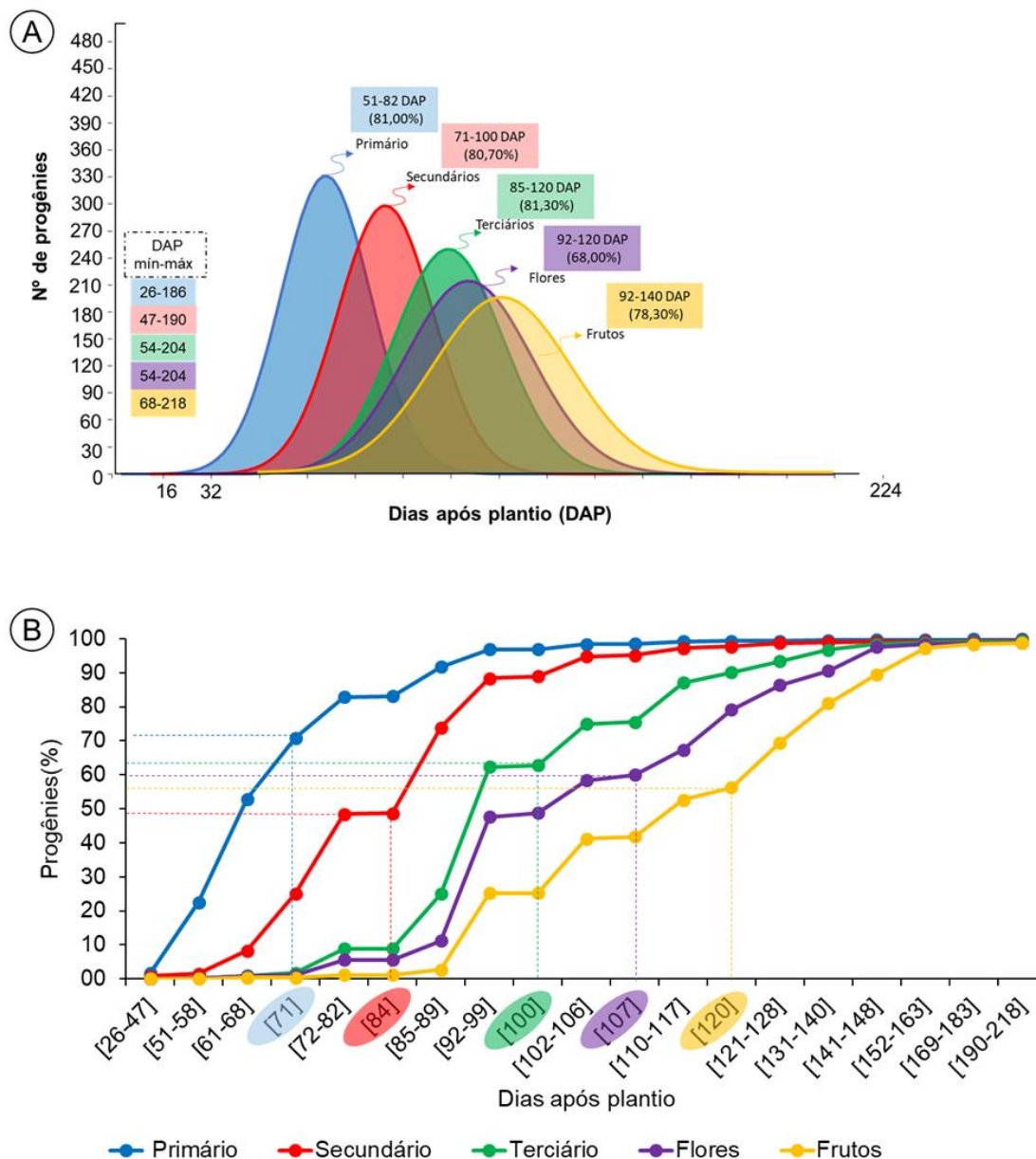


**Figura 4.** Box plots dos dias após o plantio (DAP) do desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das 22 famílias da terceira geração de retrocruzamento - RC3 e 10 testemunhas (TESTE) de maracujazeiro amarelo ou *P. edulis*. A) ramos primários, B) ramos secundários, C) ramos terciários, D) presença de flores e E) presença de frutos. Os segmentos de reta vertical (whiskers) representam o valor mínimo e máximo no box plot. Ponto no box plot ( $\bullet$ ) identifica a média da família. Linha tracejada vermelha (----) identifica a média geral da população RC3 ( $\mu$ ). As diferentes letras no topo das barras indicam médias estatisticamente diferentes de acordo com o teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

Notou-se que, de modo geral, as famílias BC3.A, BC3.B, BC3.E, BC3.F, BC3.G, BC3.I, BC3.J e BC3.K mantiveram-se abaixo das  $\mu$  para todos caracteres analisados (Figura 4a-e). Por outro lado, as testemunhas foram mais tardias quando comparados às 22 famílias RC3 tanto para o desenvolvimento vegetativo como para o reprodutivo (Figura 4a-e), exceto em relação as famílias BC3.H e BC3.V quanto aos ramos secundários (Figura 4b) e BC3.O, BC3.Q e BC3.V para o

florescimento e a frutificação, não diferindo estatisticamente dos TESTE (Figura 4d-e).

A maior porcentagem de progênies foi observada nos intervalos de dias de 51 a 82 DAP (81,00%); 71 a 100 DAP (80,70%); 85 a 120 DAP (81,30%); 92 a 120 DAP (68,00%) e 92 a 140 DAP (78,30%) para ramos primários, secundários, terciários e presença de flores e frutos, respectivamente (Figura 5a).



**Figura 5.** Ajuste dos dados à distribuição normal com destaque para o intervalo de dias após o plantio (DAP) (retângulo superior) com maior porcentagem de progênies (valor dentro dos parênteses) (A); porcentagem acumulada de progênies

para as fases fenológicas avaliadas, destacando por elipse a média ( $\mu$ ) de DAP das progênes RC3 para cada fase fenológica (B).

Em relação ao menor número de DAP para iniciar os três estádios fenológicos vegetativos, as famílias BC3.A, BC3.B, BC3.F, BC3.G, BC3.J e BC3.K demonstraram ser mais precoces (Figura 4a-c). Essas famílias variaram de 62 DAP (BC3.A e BC3.G) a 65 DAP (BC3.B) para ramos primários; 73 DAP (BC3.G) a 78 DAP (BC3.F) para a emissão dos ramos secundários e de 85 DAP (BC3.K) a 92 DAP (BC3.B) para ramos terciários (Figura 4a-c). Apesar de ocorrer flores e frutos em ramos primários e ou secundários, a maior percentagem de progênes (82,92%) ocorreu após a emissão de ramos terciários (Figura 5a-b). As famílias BC3.A, BC3.B e BC3.K foram precoces para a presença de flores e frutos em ramos terciários (Figura 4c-e). As famílias BC3.E, BC3.F, BC3.G, BC3.L, BC3.P e BC3.S também apresentaram precocidade reprodutiva (Figura 4d-e), porém a presença de flores e frutos em algumas progênes estavam em ramos primários e secundários (Figura 5a, b).

Em relação aos dados de produção, observou-se variação entre as famílias RC3 e testemunhas (TESTE) quanto a característica número frutos avaliados em três diferentes épocas após o plantio (Tabela 1). Dentre as 22 famílias, exceto BC3.H não apresentou produção de frutos crescente, sendo que as maiores médias foram observadas aos 352 DAP (Tabela 1). A família BC3.G destacou-se nos três períodos de avaliação embora não tenha diferido estatisticamente de BC3.A e BC3.B aos 139 e 226 DAP, de BC3.H e BC3.I aos 226 DAP e BC3.T aos 226 e 352 DAP (Tabela 1). Em respectivo, as três primeiras famílias citadas apresentaram o maior número de frutos acumulados por progênie ( $\mu_{Acum}$ ) com 80,19, 72,12 e 72,0 (Tabela 1). As menores  $\mu_{Acum}$  foram apresentadas por BC3.C e BC3.V (Tabela 1).

Salienta-se que aos 139 DAP as testemunhas (TESTE), embora não tenham diferido estatisticamente de quatro famílias (BC3.C, BC3.M, BC3.R e BC3.T) foram menos produtivas em comparação à população RC3, assim como aos 226 DAP (9,31), 352 DAP (14,33) e na  $\mu_{Acum}$  de 30,04 (Tabela 1).

**Tabela 1.** Número médio de frutos e média acumulada ( $\mu_{Acum}$ ) por progênie e família aos 139, 226 e 352 dias após o plantio (DAP) da população de

maracujazeiro da terceira geração de retrocruzamento – RC3 e suas testemunhas (TESTE).

Famílias	n	Número médio de frutos			
		139 DAP	226 DAP	352 DAP	$\mu_{Acum.}$
BC3.A	42	15,83 a	25,50 a	30,79 b	72,12 a
BC3.B	42	15,98 a	25,17 a	30,85 b	72,00 a
BC3.C	42	6,60 c	18,60 c	24,10 d	49,29 e
BC3.D	42	10,26 b	20,05 b	26,79 d	57,10 d
BC3.E	21	12,95 b	22,62 b	28,29 c	63,86 b
BC3.F	21	10,81 b	19,81 c	26,70 d	57,32 d
BC3.G	42	17,19 a	26,38 a	36,62 a	80,19 a
BC3.H	42	10,07 b	28,19 a	25,17 d	63,43 b
BC3.I	42	9,02 b	24,59 a	31,54 b	65,37 b
BC3.J	42	10,81 b	21,21 b	29,26 c	61,29 c
BC3.K	42	12,79 b	23,18 b	30,66 b	67,26 b
BC3.L	39	10,33 b	22,94 b	31,09 b	65,54 b
BC3.M	39	6,28 c	21,59 b	32,75 b	61,54 c
BC3.N	39	3,82 d	22,56 b	30,72 b	57,20 d
BC3.O	39	3,82 d	21,36 b	29,85 c	55,03 d
BC3.P	39	11,15 b	22,37 b	28,61 c	62,43 b
BC3.Q	39	3,41 d	21,13 b	31,38 b	55,92 d
BC3.R	39	7,21 c	22,21 b	29,89 c	59,30 d
BC3.S	39	11,38 b	20,79 b	28,34 c	60,52 c
BC3.T	39	7,05 c	25,13 a	34,03 a	66,21 b
BC3.U	39	2,00 d	20,54 b	28,46 c	51,00 d
BC3.V	39	0,00 e	18,92 c	25,43 d	44,35 e
TESTE	63	6,40 c	9,31 d	14,33 e	30,04 f
CV (%)		41,01	18,78	22,41	20,14
$\mu$ geral*		9,18	22,59	30,19	61,96
<b>Total geral*</b>	<b>849</b>	<b>7.793,82</b>	<b>19.179,91</b>	<b>25.631,31</b>	<b>52.604,04</b>

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ). n = número de plantas avaliadas por família e testemunhas (TESTE);  $\mu_{Acum.}$  = média de frutos acumulados por progênie. \* $\mu$  geral e total geral incluem apenas as médias da população RC3.

Fenotipicamente as progênies RC3 apresentaram-se mais próximas às características do parental recorrente (*P. edulis*), principalmente em relação a arquitetura das plantas, vigor, formato das folhas, botões e frutos (Figura 6). Em relação as flores existem em poucas plantas traços da espécie parental doadora (*P. cincinnata*) (Figura 6), embora mesmo nessas os caracteres de folhas e frutos tenham sido idênticos ao do genitor doador (*P. edulis*).

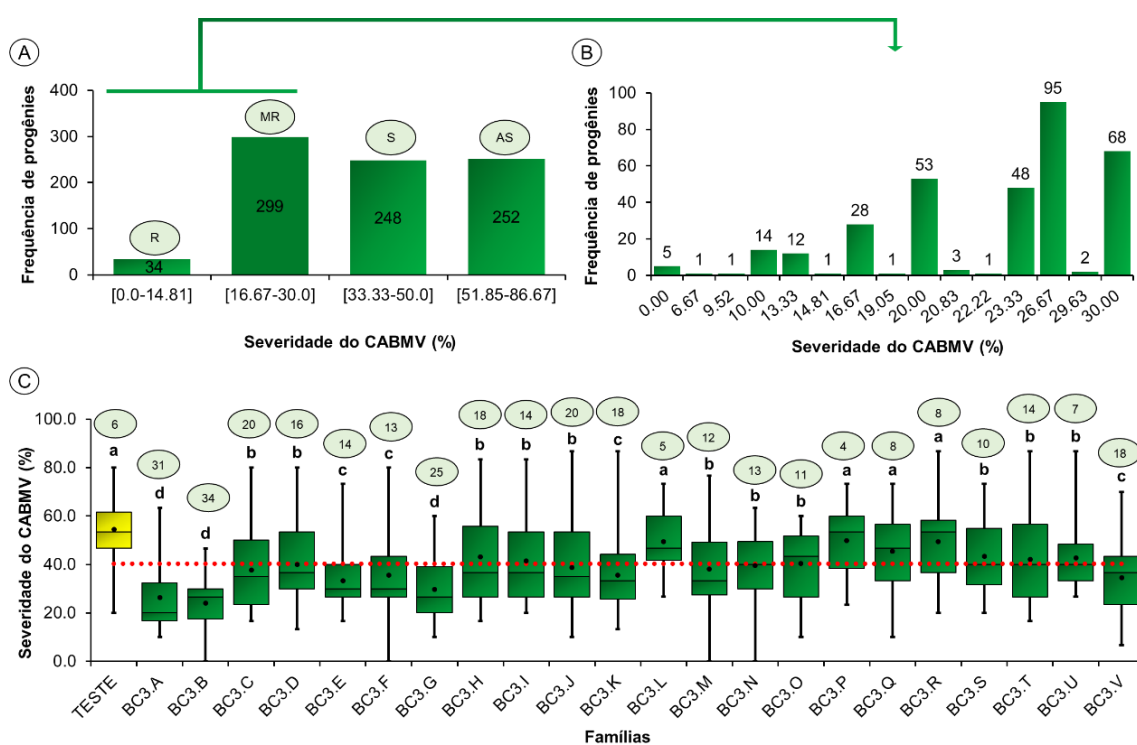


**Figura 6.** Características morfológicas das plantas, flores e frutos das progênes da terceira geração dos retrocruzamentos – RC3 [(*P. cincinnata* x *P. edulis*) x *P. edulis*] de maracujazeiro.

### 3.2 Avaliação fenotípica da virose do endurecimento dos frutos na planta

Para a severidade da virose do endurecimento dos frutos (CABMV) avaliada na planta, observou-se ampla variabilidade entre as progênes RC3, com índice de doença (ID%) variando entre 0,0 e 86,67% (Figura 7a).

Quanto a classificação, 34 progênes (4,0%) destacaram-se como resistentes - R (ID de 0,0 a 14,81%), onde cinco não apresentaram sintomas típicos do CABMV (ID = 0,0%) (Figura 7b), sendo duas da família BC3.B e uma de cada família (BC3.F, BC3.M e BC3.N) (Figura 7c). Entre as moderadamente resistentes - MR (ID de 16,67 a 30,0%) ficaram 299 progênes (35,22%) e a maioria 31,77% (95) apresentou ID= 26,67% (Figura 7b). Entre as progênes suscetíveis - S (ID de 33,33 a 50,0%) e altamente suscetíveis - AS (ID de 51,85 a 86,67%) ficaram 248 (29,21%) e 252 (29,68) progênes, respectivamente (Figura 7a).



**Figura 7.** A) Histograma da frequência de progênes RC3 com base em quatro classes para a classificação da severidade ao CABMV (ID%) B) histograma da frequência de progênes classificadas entre as classes R e MR. C) box plot da severidade média do CABMV nas famílias RC3 e testemunhas (TESTE). Os segmentos de reta vertical (whiskers) representam o valor mínimo e máximo. Ponto no boxplot (•) identifica a média da família. Linha tracejada vermelha (----) identifica a média geral da população RC3 ( $\mu$ ). As diferentes letras no topo das barras indicam

médias estatisticamente diferentes de acordo com o teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ). As elipses acima das letras do teste de média indicam o número de progênies classificadas como R e/ou MR por família RC3 (ID = 0,0 a 30,0%).

As progênies R e MR foram observadas em todas as famílias, com destaque para 31 da BC3.A, 34 da BC3.B e 25 da BC3.G que não diferiram estatisticamente entre si e que se destacaram com as menores médias para a severidade do CABMV com ID% de 26,3, 24,0 e 29,8%, respectivamente (Figura 7c). As famílias classificadas como suscetível foram BC3.L (ID = 49,4%), BC3.P (ID = 49,9%), BC3.Q (ID = 45,4%) e BC3.R (ID = 49,4%), que não diferiram estatisticamente das testemunhas (TESTE) com ID médio de 50,4% e classificadas como altamente suscetíveis ao CABMV, porém entre as plantas TESTE seis foram MR com ID de 20 a 26,67% (Figura 7c).

#### **4. Discussão**

Diversas pesquisas têm abordado caracteres relacionados ao crescimento e o desenvolvimento em *Passiflora* spp. (Lima et al., 2017; Morgado et al., 2017; Bernardes et al., 2020; Ramaiya et al., 2020). Em nosso estudo, a avaliação fenotípica foi realizada observando-se a presença e ausência de indicadores morfológicos relacionados com as fases fenológicas do desenvolvimento vegetativo e reprodutivo em maracujá (Jesus et al., 2017). Esses caracteres foram eficientes na identificação de variabilidade entre as famílias e progênies RC3 quanto ao número de dias após o plantio (DAP) para as fases fenológicas avaliadas (ramos primários, secundários, terciários, flores e frutos) (Figuras 4, 5)

Entre os estádios fenológicos vegetativos do maracujazeiro, os ramos terciários (ou cortinas produtivas) estão diretamente envolvidos na produção devido a maior concentração de flores e frutos (Hafle et al., 2009; Pacheco et al., 2017). As famílias RC3 iniciaram a emissão desses ramos em média aos 100 DAP (Figura 4c), corroborando com os resultados de Hafle et al. (2014) que confirmaram maior taxa de crescimento entre os 84 e 126 DAP. Por outro lado, cultivares comerciais de maracujá amarelo (BRS Gigante Amarelo e BRS Sol do Cerrado) apresentaram baixa percentagem de plantas (5,97% e 6,53%), respectivamente, com presença de ramos terciários aos 159 DAP (Jesus et al., 2016a). Salienta-se, no entanto, que o desenvolvimento precoce da parte aérea das plantas é desejável, desde que

contribua com maior produtividade, sem promover o aumento do período juvenil (Morgado et al., 2015).

Entre as progênies RC3, cerca de 62,82% iniciaram a emissão de ramos terciários em média aos 100 DAP (Figura 5b), com variação de 54 a 204 DAP (Figura 5a) favorecendo florescimento precoce em torno dos 107 DAP em média para a população (Figura 4d). Esses resultados foram inferiores (vantajosos) aos apresentados por Santos et al. (2016a); Souza; Ribeiro (2016) e Pereira et al. (2019) ao avaliarem acessos e espécies de maracujá e encontrarem para ramos terciários 150 e 105 DAP respectivamente, e 164 DAP para ramos primários, reforçando a expressividade no desenvolvimento vegetativo da RC3 (Figura 4a-c).

O florescimento das progênies RC3 iniciou aos 54 DAP chegando até os 204 DAP (Figura 5a), sendo que 60,0% já estava florescendo até os 107 DAP (Figuras 4d; 5b), enquanto genótipos de maracujazeiro amarelo avaliados nas condições do Cerrado floresceram mais tardiamente aos 162 DAP (Cezar et al., 2015), aos 159 DAP em área de transição Caatinga/Mata Atlântica (Jesus et al., 2016a) e aos 395 DAP na região do Recôncavo da Bahia (Mata Atlântica) com plantas de espécies diferentes acumulando de 4 a 43 flores (Santos et al., 2016b). Esse desempenho provavelmente está relacionado à formação mais lenta dos ramos terciários nos genótipos analisados pelos autores citados, assim como ocorreu com as testemunhas avaliadas em nosso estudo que foram estatisticamente mais tardias quando comparadas às famílias RC3 (Figura 4c). É importante destacar que o desenvolvimento das flores é um processo fisiológico que requer exposição contínua das plantas a fotoperíodos longos (Nave et al., 2010) e sob diferentes condições edafoclimáticas as respostas fenológicas podem ser alteradas (Hernandes-Lopes et al., 2019).

De fato, o maracujazeiro é altamente afetado por fatores ambientais (Cordeiro et al., 2019; Rodríguez et al., 2019; Ramaiya et al., 2020) que são decisivos na duração dos estádios fenológicos, no tempo e volume da colheita (Fisher et al., 2016). No então, em nosso estudo, a precocidade reprodutiva das famílias e progênies RC3 possivelmente tenham forte influência de origem genética, tendo em vista que *Passiflora cincinnata* Mast. apresenta, entre outros atributos, florescimento precoce e prolongado (Siebra et al., 2016), favorecendo maior produção. De acordo com Santos et al. (2016a) aos 150 DAP *P. cincinnata* já se encontra em plena reprodução com presença de flores desde os ramos



primários aos 90 DAP. A precocidade observada também se baseia no fato das testemunhas (*P. edulis*) terem sido avaliadas e cultivadas sob o mesmo ambiente e se mostrarem estatisticamente mais tardias para todos estádios fenológicos (Figura 4a-e).

A frutificação das progênies RC3 ocorreu entre os 68 e 218 DAP (Figura 5a), sendo que 56,22% já havia frutificado até os 120 DAP (Figura 5b) e 13 famílias ficaram abaixo dessa média (Figura 4e), confirmando sua antecipação em relação às testemunhas que na mesma época apresentavam apenas 4,05% das plantas com frutos, com média de 147 DAP (Figura 4e). Entre as progênies RC3 apenas 0,48% foram tardias frutificando entre os 190 e 218 DAP (Figura 4e). Esses resultados foram melhores se comparados a híbridos intraespecíficos e cultivares de *P. edulis* que iniciaram a produção aos 229 DAP (Jesus et al., 2018) e aos híbridos interespecíficos (*P. edulis* x *P. setacea*) que apresentaram a primeira frutificação 120 DAP (Santos et al., 2015a).

O comportamento reprodutivo da população RC3 mostrou-se interessante, com associação da presença de flores e frutos em todas as fases fenológicas vegetativas analisadas (Figura 5a, b). Tais observações dão indício da possibilidade de antecipação na produção de frutos nas RC3. Antecipar períodos de vegetação, florescimento e frutificação em plantas de maracujá é desejável para aumentar a longevidade e o potencial produtivo da cultura (Jesus et al., 2016a; Bernardes et al., 2020) e minimizar os impactos negativos da alta incidência de doenças que acometem a espécie comercial ou *P. edulis* (Lima et al., 2017; Costa et al., 2018), em especial o CABMV (Sacoman et al., 2018; Preisigke et al., 2020).

O ciclo produtivo do maracujá concentra-se nos meses maio a julho e os maiores preços da fruta são obtidos nos últimos quatro meses do ano. A diminuição da oferta do produto está relacionada à menor duração do período luminoso em algumas regiões do Brasil (Cavichioli et al., 2006) ou alteração de temperatura que leva a estagnação na emissão de novos ramos no maracujazeiro (Rangel Junior, et al., 2018). A precocidade das RC3 pode ser interessante em especial no seminário, pois aumenta a chance de manejar o plantio de forma a produzir maracujá na entressafra.

O maior número de frutos por planta foi registrado aos 352 DAP (setembro), embora aos 226 DAP (maio) as plantas já apresentassem uma produção crescente (Tabela 1). Por outro lado, a cultivar BRS Gigante Amarelo avaliada em Lençóis –

BA (Jesus et al., 2016a) apresentou produção acumulada acentuada apenas aos 441 DAP, comportamento que, segundo os autores, foi ocasionado pelo desenvolvimento tardio tanto vegetativo quanto reprodutivo dos genótipos. Comparativamente, 11 parentais e 30 híbridos de maracujá também avaliados em Cruz das Almas - BA, apresentaram variação para o número de frutos (740,25 a 1.553,9), com média acumulada de 1.022,59 frutos produzidos por genótipo após 13 meses de cultivo (Neves et al., 2013). Esses resultados são similares aos encontrados neste estudo até os 226 DAP (7 meses após o plantio) onde a média por família foi de 871,76 (22,59 frutos por planta) com variação de 781,20 (18,60 frutos por planta) para BC3.C a 1.183,98 (28,19 frutos por planta) para BC3.H (Tabela 1). Aos 352 DAP (11 meses após o plantio), a maioria das famílias já acumulavam ( $\mu_{Acum.}$ ) um número de frutos bem superior, variando de 1.203,72 (BC3.F) a 3.367,98 (BC3.G) com média de 2.391,09 frutos por família ou 61,96 frutos produzidos por planta (Tabela 1).

A população RC3 foi desenvolvida visando, precocidade, produtividade e resistência ou maior tolerância à virose do endurecimento dos frutos causada pelo CABMV. As progênies segregantes RC3 apresentaram resultados importantes com produção ascendente e expressiva entre o 4º e o 11º mês após o plantio (139 DAP a 352 DAP) (Tabela 1) com indicação de sucesso na seleção das progênies para cultivo em áreas do Recôncavo da Bahia. No entanto, a virose tem reduzido a vida útil dos pomares (Fischer; Rezende, 2008; Correa et al., 2015) e ocasionado a renovação anual em regiões com alta incidência do patógeno (Cerqueira-Silva et al., 2014b). A avaliação em condições de ocorrência natural do CABMV, revelou ampla variação dos sintomas (0,0% a 86,70%) entre as progênies RC3 (Figura 7a). Essa ampla variação da sintomatologia corroborada com outros estudos realizados por Oliveira et al. (2013); Santos et al. (2015b); Jesus et al. (2016b) e Gonçalves et al. (2018) ao avaliarem a severidade da doença em diferentes espécies, acessos e híbridos interespecíficos de *Passiflora*.

Apesar do foco ter sido resistência/tolerância, a maioria das progênies RC3 foi classificada como suscetível e altamente suscetível ao CABMV (Figura 7a). Aproximadamente 39,22% da população foi resistente a moderadamente resistente com ID variando de 0,0 a 30,0% com distribuição em todas as famílias (Figura 7a-c), o que demonstra o sucesso na transferência de alelos de resistência de *P. cincinnata*. Severidades moderadas também foram encontradas por Jesus et al.

(2016a) ao avaliarem a virose na planta (ID = 33,3%) e nos frutos (ID = 29,5%) em 14 híbridos de maracujá amarelo na Chapada Diamantina - BA. Segundo os autores, a baixa pressão do inóculo viral existente na área e o cultivo pouco explorado, contribuíram para baixa severidade nos genótipos de *P. edulis*. A pressão de inóculo na área de avaliação da RC3 era alta e bem distribuída, pois a área era cultivada com maracujá anteriormente e pela alta severidade observadas em algumas progênies e nas testemunhas (Figura 7).

Em relação às progênies RC3, não foram observados impactos negativos do CABMV no vigor das plantas e ou depreciação nos frutos (Figura 6) nem mesmo no inverno (Junho - 243 DAP a Agosto - 304 DAP) quando a temperatura é mais baixa (22 a 24 °C) (INMET, 2020) e assim há menor luminosidade e, por consequência, atividade vegetativa reduzida nas plantas (Fischer; Rezende, 2008) que pode acentuar os sintomas foliares. Em contrapartida, a maioria das testemunhas (*P. edulis*) foram classificadas como suscetíveis a altamente suscetíveis (Figura 7c) e apresentaram desenvolvimento tardio (Figuras 4), o que levou a uma baixa produção de frutos (Tabela 1).

O desenvolvimento mais lento de plantas de maracujá pode acarretar em menor produção e maior exposição a estresses abióticos e bióticos (Garcêz et al., 2015; Rosati et al., 2018), principalmente no período juvenil em que as folhas ainda são pouco expandidas e mais vulneráveis a vetores de doenças (Kennedy; Stroyan, 1959). Por outro lado, genótipos que desenvolvem ramos primários, secundários e terciários com maior precocidade, podem antecipar a fase adulta e produtiva e consequentemente ser menos expostas às doenças. Aliado a isso, as plantas poderão desenvolver mecanismos de defesa como o espessamento da parede celular e da cutícula nas folhas para que atuem como barreiras à punção intracelular dos pulgões no caso do CABMV (Lambers et al., 2008; Pagan et al., 2010; Meletti, 2011; Garcêz et al., 2015) e assim retardar os efeitos depreciativos da virose.

Neste sentido, genótipos de maracujazeiro passíveis de serem selecionados devem conjugar o vigor vegetativo à precocidade na produção (Jesus et al., 2016a; Scorza et al., 2017; Gioppato et al., 2019), alto desempenho e estabilidade (Oliveira et al., 2014; Cruz Neto et al., 2016), além de resistência ou tolerância ao CABMV (Oliveira et al., 2013; Santos et al., 2019). Nossos resultados revelaram uma associação entre a presença de ramos produtivos (terciários) e a presença de flores e frutos para as famílias BC3.A, BC3.B, BC3.E, BC3.F, BC3.G, BC3.I, BC3.J, BC3.K

e BC3.L (Figura 4c-e), embora todas tenham sido mais precoces do que as testemunhas (Figura 4). As 22 famílias apresentaram uma boa produção acumulada de frutos (1.203,72 a 3.367,98) com média de 61,96 frutos por progênie com destaque as famílias BC3.A, BC3.B e BC3.G que foram consideradas as mais produtivas, além de se destacarem como moderadamente resistentes ao CABMV e agruparem o maior número de progênies com ID variando de 0,0% (R) a 30,0% (MR) (Tabela 1; Figura 7).

O alto desempenho desta população de retrocruzamento e a ampla variabilidade apresentada para os caracteres avaliados permitem a seleção de progênies promissoras. Essas podem ser utilizadas pelo programa de melhoramento genético do maracujazeiro para compor novos cruzamentos dentro das melhores famílias e entre as melhores progênies, visando a manutenção das características de interesse (precocidade, produtividade, longevidade e tolerância ao CABMV) e posterior avaliação nas diferentes condições climáticas dos principais polos de produção da Bahia.

## **Conclusões**

1. As famílias BC3.A, BC3.B, BC3.E, BC3.F, BC3.G, BC3.I, BC3.J, BC3.K e BC3.L apresentam-se como as mais promissoras quanto a associação entre desenvolvimento vegetativo e reprodutivo;
2. As testemunhas representadas por acessos da espécie de *P. edulis* foram os mais tardios, menos produtivos e mais suscetíveis ao CABMV quando comparados às famílias RC3;
3. As famílias BC3.A, BC3.B e BC3.G exibiram os menores índices de severidade ao CABMV e maior número de progênies classificadas como resistentes e moderadamente resistentes;
4. A população RC3 foi considerada tolerante ao CABMV nas condições testadas, pois não foram observados efeitos negativos no desenvolvimento, produção e longevidade das progênies.

## **Agradecimentos**

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pela concessão da Bolsa da primeira autora. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro (Processo 421033/2018-5) e

à Embrapa Mandioca e Fruticultura por fornecer materiais vegetais, experimentais e suporte técnico e financeiro (Projeto nº 22.16.04.007.00.00).

## Referências

ANDRADE, E. M.; LIMA, G. S. D.; LIMA, V. L.; SILVA, S. S. D.; GHEYI, H. R.; SILVA, A. A. Gas exchanges and growth of passion fruit under saline water irrigation and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> application. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 12, p. 945-951, 2019.

BERNACCI, L. C.; SOARES-SCOTT, M. D.; JUNQUEIRA, N. T. V.; PASSOS, I. R. D. S.; MELETTI, L. M. M. *Passiflora edulis* Sims: the correct taxonomic way to cite the yellow passion fruit (and of others colors). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 2, p. 566-576, 2008.

BERNARDES, P. M.; NICOLI, C. F.; ALEXANDRE, R. S.; GUILHEN, J. H. S.; PRAÇA-FONTES, M. M.; FERREIRA, A.; SILVA FERREIRA, M. F. Vegetative and reproductive performance of species of the genus *Passiflora*. **Scientia Horticulturae**, v. 265, n. 109193, 2020.

CARMO, T. V. B.; MARTINS, L. S. S.; MUSSER, R. D. S.; SILVA, M. M. D.; SANTOS, J. P. O. Genetic diversity in accessions of *Passiflora cincinnata* Mast. based on morphoagronomic descriptors and molecular markers. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 1, p. 68-77, 2017.

CAVICHIOLO, J. C.; RUGGIERO, C.; VOLPE, C. A.; PAULO, E. M.; FAGUNDES, J. L. E KASAI, F. S. Florescimento e frutificação do maracujazeiro-amarelo submetido à iluminação artificial, irrigação e sombreamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 1, p.92-96, 2006.

CAVICHIOLO, J. C.; CORREA, L. S.; BOLIANI, A. C. Sobrevivência e desenvolvimento de seis espécies de maracujazeiros em área com histórico de morte prematura de plantas. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v. 18, p. 67-73, 2009.

CERQUEIRA-SILVA, C. B. M.; JESUS, O. N.; SANTOS, E. S. L.; CORRÊA, R. X.; SOUZA A. P. Genetic breeding and diversity of the Genus *Passiflora*: progress and perspectives in molecular and genetic studies. **Int. J. Mol. Sci.** v.15, n. 8, p. 14122–14152, 2014a.

CERQUEIRA-SILVA, C. B. M.; CONCEIÇÃO, L. D. H. C. S.; SOUZA, A. P.; CORRÊA, R. X. A history of passion fruit woodiness disease with emphasis on the current situation in Brazil and prospects for Brazilian passion fruit cultivation. **European journal of plant pathology**, v. 139, n. 2, p. 261-270, 2014b.

CEZAR, A. M. A.; SORGATO, J. C.; ROSA, D. B. C. J.; SOARES, J. S.; ROSA, Y. B. C. J. Aplicação foliar de GA3 no crescimento e desenvolvimento de *Passiflora edulis* Sims f. flavicarpa Degener. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 4, p. 902-912, 2015.

COELHO, M. D. S. E.; ANDRADE, K. C. B.; ARAÚJO, F. P.; MELO, N. F. Cytogenetic characterization of the *Passiflora edulis* Sims × *Passiflora cincinnata* Mast. interspecific hybrid and its parents. **Euphytica**, v. 210, n. 1, p. 93-104, 2016.

CORDEIRO, M. H. M.; ROSADO, R. D. S.; LUNA, S. A. G.; CREMASCO, J. P. G.; SANTOS, C. E. M.; BRUCKNER, C. H. Sour passion fruit hybrids with a low photoperiod and temperature requirement for genetic improvement in higher-latitude regions. **Scientia horticultrae**, v. 249, n., p. 86-92, 2019.

CORREA, M. F.; PINTO, A. P. C.; REZENDE, J. A. M.; HARAKAVA, R.; MENDES, B. M. J. Genetic transformation of sweet passion fruit (*Passiflora alata*) and reactions of the transgenic plants to *Cowpea aphid borne mosaic virus*. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 143, n. 4, p. 813-821, 2015.

COSTA, A. P.; NOGUEIRA, I.; PEIXOTO, J. R.; VILELA, M. D. S.; BLUM, L. E. B.; VENDRAME, W. Yellow passion fruit reaction to *Xanthomonas axonopodis* pv. *passiflorae* and to *Cowpea aphid-borne mosaic virus*. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 18, n. 4, p. 349-356, 2018.

COSTA, A. P.; NOGUEIRA, I.; PEIXOTO, J. R.; BLUM, L. E. B. Screening of Sour Passion Fruit for Reaction to Bacterial Spot and Passion Fruit Woodiness Disease. **Journal of Agricultural Science**, v. 12, n. 2, p. 130-137, 2020.

CRUZ NETO, A. J.; ROSA, R. C. C.; OLIVEIRA, E. J.; SAMPAIO, S. R.; SANTOS, I. S.; SOUZA, P. U.; PASSOS, A. R.; JESUS, O. N. Genetic parameters, adaptability and stability to selection of yellow passion fruit hybrids. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 16, p. 321-329, 2016.

ESASHIKA, D. A. D. S.; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V. Phenology of the production of flowers and fruits of wild and hybrid species of the genus *Passiflora*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 2, p. 1-6, 2018.

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; JUNGHANS, T. G.; JESUS, O. N.; MIRANDA, D.; OTONI, W. C. Advances in passion fruit (*Passiflora* spp.) propagation. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, n. 2, 2019.

FERREIRA, D. F. Sisvar - a computer statistical analysis system. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FISCHER, I. H.; REZENDE, J. A. M. Diseases of passion flower (*Passiflora* spp.). **Pest technology**, v. 2, n. 1, p. 1-19, 2008.

FISCHER, G.; RAMÍREZ, F.; CASIERRA-POSADA, F. Ecophysiological aspects of fruit crops in the era of climate change. A review. **Agronomía Colombiana**, v. 34, n. 2, p. 190-199, 2016.

FONSECA, K. G.; FALEIRO, F. G.; PEIXOTO, J. R.; JUNQUEIRA, N. T. V.; JUNQUEIRA, K. P.; SILVA, M. S.; VAZ, C. D. E. F. Análise da recuperação do genitor recorrente em maracujazeiro-azedo por meio de marcadores RAPD. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, p. 145-153, 2009.

FREITAS, J. C.; VIANA, A. P.; SANTOS, E. A.; SILVA, F. H.; PAIVA, C. L.;

RODRIGUES, R.; EIRAS, M. Genetic basis of the resistance of a passion fruit segregant population to *Cowpea aphid-borne mosaic virus* (CABMV). **Tropical Plant Pathology**, v. 40, n. 5, p. 291-297, 2015.

FREITAS, J. C.; PIO VIANA, A.; SANTOS, E. A.; PAIVA, C. L.; SILVA, F. H. L.; AMARAL JUNIOR, A. T.; SOUZA, M. M.; DIAS, V. M. Resistance to *Fusarium solani* and characterization of hybrids from the cross between *P. mucronata* and *P. edulis*. **Euphytica**, v. 208, p. 493-507, 2016a.

FREITAS, J. C. O.; VIANA, A. P.; SANTOS, E. A.; PAIVA, C. L.; SILVA, F. H. D. L.; SOUZA, M. M. Sour passion fruit breeding: Strategy applied to individual selection in segregating population of *Passiflora* resistant to *Cowpea aphid-borne mosaic virus* (CABMV). **Scientia Horticulturae**, v. 211, p. 241-247, 2016b.

GARCÊZ, R. M.; CHAVES, A. L. R.; EIRAS, M.; MELETTI, L. M. M.; AZEVEDO FILHO, J. A.; DA SILVA, L. A.; COLARICCIO, A. Survey of aphid population in a yellow passion fruit crop and its relationship on the spread *Cowpea aphid-borne mosaic virus* in a subtropical region of Brazil. **SpringerPlus**, v. 4, n. 1, p. 537, 2015

GIOPPATO, H. A.; SILVA, M. B.; CARRARA, S.; PALERMO, B. R. Z.; SOUZA MORAES, T.; DORNELAS, M. C. Genomic and transcriptomic approaches to understand *Passiflora* physiology and to contribute to passionfruit breeding. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, v. 31, n. 1, p. 173-181, 2019.

GONÇALVES, Z. S.; LIMA, L. K. S.; SOARES, T. L.; ABREU, E. F. M.; BARBOSA, C. J.; CERQUEIRA-SILVA, C. B. M.; JESUS, O. N.; OLIVEIRA, E. J. Identification of *Passiflora* spp. genotypes resistant to *Cowpea aphid-borne mosaic virus* and leaf anatomical response under controlled conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 231, p. 166-178, 2018.

HERNANDES-LOPES, J.; SOUSA-BAENA, M. S.; LEMOS, R. C.; CORRÊA, T. C.; VAN SLUYS, M. A.; ALBUQUERQUE MELO, G. F. Toward understanding inflorescence development and architecture in *Passiflora*: insights from comparative anatomy and expression of APETALA1. **American journal of botany**, v. 106, n. 9, p. 1173–1189, 2019.

HAFLE, O. M.; RAMOS, J. D.; LIMA, L. C. O.; FERREIRA, E. A.; MELO, P. C. Produtividade e qualidade de frutos do maracujazeiro-amarelo submetido à poda de ramos produtivos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, p. 763-770, 2009.

HAFLE, O. M.; RAMOS, J. D.; MENDONÇA, V.; SANTOS, V. M.; JUNIOR, E. B. P. Crescimento vegetativo do maracujazeiro-amarelo submetido à diferentes formas de condução e poda de renovação. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 10, n. 2, p. 29-34, 2014.

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Sistema IBGE de recuperação automática – Sidra. Produção agrícola municipal: produção de maracujá no ano de 2019. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>>. Acesso em: 19 de janeiro de 2020.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Estações convencionais (Gráficos). Estação 83222 – Cruz das Almas-Ba. Período: 2016-2019. Disponível em:

[www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br). Acesso em: 26 de dezembro de 2019.

JESUS, O. N.; SOARES, T. L.; GIRARDI, E. A.; ROSA, R. C. C.; OLIVEIRA, E. J.; CRUZ NETO, A. J.; SANTOS, V. T.; OLIVEIRA, J. R. P. Evaluation of intraspecific hybrids of yellow passion fruit in organic farming. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, p. 2129-2138, 2016a.

JESUS, O. N.; SOARES, T. L.; OLIVEIRA, E. J.; SANTOS, T. C. P.; FARIAS, D. H.; BRUCKNER, C. H.; NOVAES, Q. S. Dissimilarity based on morphological characterization and evaluation of pollen viability and in vitro germination in *Passiflora* hybrids and backcrosses. **Acta horticulturae**, v. 1127, p. 401-408, 2016b.

JESUS, O. N.; OLIVEIRA, E. J.; FALEIRO, F. G.; SOARES, T. L.; GIRARDI, E. A. **Illustrated morpho-agronomic descriptors for *Passiflora* spp.** Brasília, DF: Embrapa, 2017. 122p.

JESUS, C. A. S.; CARVALHO, E. V. D.; GIRARDI, E. A.; ROSA, R. C. C.; JESUS, O. N. Fruit quality and production of yellow and sweet Passion fruits in northern state of São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 2, p. 1-7, 2018.

KENNEDY, J. S.; STROYAN, H. L. G. Biology of aphids. **Annu Rev Entomol**, v. 4, p. 139-160, 1959.

LAMBERS, H.; CHAPIN III, F. S.; PONS T. L. Life Cycles: Environmental Influences and Adaptations. In: **Plant Physiological Ecology**. Springer, New York, NY, 2008. pp 352-377.

LIMA, A. A.; BORGES, A. L.; FANCELI, M.; CARDOSO, C. E. L. Maracujá: sistema de produção convencional. In: PIRES, M. M.; SÃO JOSÉ, A. R.; CONCEIÇÃO, A. O. (Org.). **Maracujá: avanços tecnológicos e sustentabilidade**. Ilhéus: Editus, 2011. 238p.

LIMA, L. K. S.; SOARES, T. L.; SOUZA, E. H.; JESUS, O. N.; GIRARDI, E. A. Initial vegetative growth and graft region anatomy of yellow passion fruit on *Passiflora* spp. rootstocks. **Scientia horticulturae**, v. 215, p. 134-140, 2017.

MCKINNEY, H. H. Influence of soil temperature and moisture on infection of wheat seedlings by *Helminthosporium sativum*. **Journal of Agricultural Research**, v. 26, p. 195-218, 1923.

MELETTI, L. M. M. Avanços na cultura do maracujá no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. SPE1, p. 83-91, 2011.

MORGADO, M. A. D. O.; BRUCKNER, C. H.; ROSADO, L. D. S. Desenvolvimento de mudas de maracujazeiro-azedo enxertadas em espécies silvestres de *Passiflora*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, p. 471-479, 2015.

MORGADO, M.; BRUCKNER, C.; ROSADO, L.; SANTOS, C. E. Growth dynamics and allometric relationships of *Passiflora* species rootstocks. **Comunicata Scientiae**, v. 8, n. 1, p. 1-8, 2017.



NAVE, N.; KATZ, E.; CHAYUT, N.; GAZIT, S.; SAMACH, A. Flower development in the passion fruit *Passiflora edulis* requires a photoperiod-induced systemic graft-transmissible signal. **Plant, cell & environment**, v. 33, n.12, p. 2065-2083, 2010.

NASCIMENTO, A. V. S.; SANTANA, E. N.; BRAZ, A. S. K.; ALFENAS, P. F.; PIORIBEIRO, G.; ANDRADE, G. P.; CARVALHO, M. G.; ZERBINI, M. F. *Cowpea aphid borne mosaic virus* (CABMV) is widespread in passionfruit in Brazil and causes passionfruit woodiness disease. **Archives Virology**, v. 151, p. 1797-1809, 2006.

NEVES, C. G.; JESUS, O. N.; LEDO, C. D. S.; OLIVEIRA, E. J. Avaliação agronômica de parentais e híbridos de maracujazeiro-amarelo. **Embrapa Mandioca e Fruticultura-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2013.

NOVAES, Q. S.; REZENDE, J. A. M. Possível aplicação do DAS-ELISA indireto na seleção de maracujazeiro tolerante ao "*Passionfruit Woodiness Virus*". **Fitopatologia Brasileira**, v. 24, p. 76-79, 1999.

OCAMPO, J. P.; D'EECKENBRUGGE, G. C. Morphological characterization in the genus *Passiflora* L.: an approach to understanding its complex variability. **Plant Systematics and Evolution**, v. 303, n. 4, p. 531-558, 2017.

OLIVEIRA, E. J.; SOARES, T. L.; BARBOSA, C. J.; SANTOS-FILHOS, H. P.; JESUS, O. N. Severidade de doenças em maracujazeiro, para identificação de fontes de resistência em condições de campo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, p. 485-492, 2013.

OLIVEIRA, E. J.; FREITAS, J. P. X. D.; JESUS, O. N. D. AMMI analysis of the adaptability and yield stability of yellow passion fruit varieties. **Scientia Agricola**, v. 71, n. 2, p. 139-145, 2014.

PACHECO, A. L. V.; BORGES, K. S.; FREITAS, G. B.; VIEIRA, G. Yield and quality of yellow passion fruits according to organic fertilization and alternative phytosanitary management. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 7, n. 3, 2017.

PAGAN, I.; FRAILE, A.; FERNANDEZ-FUEYO, E.; MONTES, N.; ALONSO-BLANCO, C.; GARCÍA-ARENAL, F. Arabidopsis thaliana as a model for the study of plant-virus co-evolution. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 365, n. 1548, p. 1983-1995, 2010.

PEREIRA, P. P. A.; LIMA, L. K. S.; SOARES, T. L.; LARANJEIRA, F. F.; JESUS, O. N.; GIRARDI, E. A. Initial vegetative growth and survival analysis for the assessment of Fusarium wilt resistance in *Passiflora* spp. **Crop Protection**, v. 121, p. 195-203, 2019.

PIMENTEL, L. D.; STENZEL, N. M. C.; CRUZ, C. D.; BRUCKNER, C. H. Seleção precoce de maracujazeiro pelo uso da correlação entre dados de produção mensal e anual. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 10, p. 1303-1309.

PREISIGKE, S. D. C.; VIANA, A. P.; SANTOS, E. A.; SANTOS, P. R. D.; SANTOS, V. O. D.; AMBRÓSIO, M.; WALTER, F. H. D. B. Selection strategies in a segregating

passion fruit population aided by classic and molecular techniques. **Bragantia**, (AHEAD), 2020.

RAMAIYA, S. D.; BUJANG, J. S.; ZAKARIA, M. H. Physicochemical, Fatty Acid and Antioxidant Properties of Passion Fruit (*Passiflora* Species) Seed Oil. **Paquistão Journal of Nutrition**, v. 18, n. 5, p. 421-429, 2019.

RAMAIYA, S. D.; BUJANG, J. S.; ZAKARIA, M. H.; SHAHIRAH, N. Floral Behaviour, Flowering Phenology and Fruit Production of Passion Fruit (*Passiflora* Species) in East Malaysia. **Journal of Agriculture Food and Development**, v. 6, p. 1-9, 2020.

RANGEL JUNIOR, I. M.; VASCONCELLOS, M. A. D. S.; ROSA, R. C. C.; CRUVINEL, F. F. Floral biology and physicochemical characterization of wild passion fruit *Passiflora setacea* D.C BRS Pérola do Cerrado cultivated in the state of Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 6, p. 1-9, 2018.

RIBEIRO, R. M.; VIANA, A. P.; SANTOS, E. A.; LIMA, D. R.; PREISIGKE, S. C. Breeding passion fruit populations – review and perspectives. **Functional Plant Breeding Journal**, v. 1, n. 1, p. 16-29, 2019.

RODRIGUES, L. K.; CHAVES, A. L. R.; DAMATTO, E. R.; EIRAS, M. Epidemiological aspects of the transmission and management of cowpea aphid-borne mosaic virus in a passion fruit orchard. **Journal of plant pathology**, v. 98, n. 3, p. 531-539, 2016.

RODRÍGUEZ, N. C.; MELGAREJO, L. M.; BLAIR, M. W. Purple Passion Fruit, *Passiflora edulis* Sims f. *edulis*, Variability for Photosynthetic and Physiological Adaptation in Contrasting Environments. **Agronomy**, v. 9, n. 5, p. 231, 2019.

RONCATTO, G.; ASSIS, G. M. L. D.; OLIVEIRA, T. K. D.; LESSA, L. S. Vegetative features of combinations scion/rootstock in passion fruit plant. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 3, p. 791-797, 2011.

ROSATI, A.; PAOLETTI, A.; AL HARIRI, R.; FAMIANI, F. Fruit production and branching density affect shoot and whole-tree wood to leaf biomass ratio in olive. **Tree physiology**, v. 38, n. 9, p. 1278-1285, 2018.

SANTOS, E. A.; VIANA, A. P.; P. FREITAS, J. C. O; RODRIGUES, D. L.; TAVARES, R. F.; PAIVA, C. L.; SOUZA, M. M. Genotypes election by REML/BLUP methodology in a segregating population from an interspecific *Passiflora* spp. crossing. **Euphytica**, p. 1-11, 2015a.

SANTOS, E. A.; VIANA, A. P.; FREITAS, J. C. O.; SILVA, F. H. D. L.; RODRIGUES, R.; EIRAS, M. Resistance to *Cowpea aphid-borne mosaic virus* in species and hybrids of *Passiflora*: advances for the control of the passion fruit woodiness disease in Brazil. **European journal of plant pathology**, v. 143, n. 1, p. 85-98, 2015b.

SANTOS, J. L.; MATSUMOTO, S. N.; OLIVEIRA, P. N. D.; OLIVEIRA, L. S. D.; SILVA, R. D. A. Morphophysiological analysis of passion fruit plants from different propagation methods and planting spacing. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 2, p. 305-312, 2016a.

SANTOS, C. H. B.; OLIVEIRA, E. J.; LARANJEIRA, F. F.; JESUS, O. N.; GIRARDI, E. A. Growth, fruit set, and fusariosis reaction of yellow passion fruit grafted onto *Passiflora* spp. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n. 3, 2016b.

SANTOS, V. O.; VIANA, A. P.; PREISIGKE, S. D. C.; SANTOS, E. A. Backcrosses in a segregating population of *Passiflora* mediated by morphoagronomic and resistance traits. **Bragantia**, v. 78, n. 4, p. 542-552, 2019.

SACOMAN, N. N.; VIANA, A. P.; CARVALHO, V. S.; SANTOS, E. A.; RODRIGUES, R. Resistance to *Cowpea aphid-borne mosaic virus* *in vitro* germinated genotypes of *Passiflora setacea*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 1, 2018.

SPADOTTI, D. M. D. A.; FAVARA, G. M.; NOVAES, Q. S.; MELLO, A. P. O. A.; FREITAS, D. M. S.; MOLINA, J. E.; REZENDE, J. A. M. Long-lasting systematic roguing for effective management of CABMV in passion flower orchards through maintenance of separated plants. **Plant Pathology**, v. 68, n. 7, p. 1259-1267, 2019.

SIEBRA, A. L. A.; OLIVEIRA, L. R.; MARTINS, A. O.; SIEBRA, D. C.; ALBUQUERQUE, R. S.; LEMOS, I. C. S.; COUTINHO, H. D. Potentiation of antibiotic activity by *Passiflora cincinnata* Mast. front of strains *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. **Saudi journal of biological sciences**, v. 25, n. 1, p. 37-43, 2018.

SOARES, T. L.; JESUS, O. N.; SANTOS-SEREJO, J. A.; OLIVEIRA, E. J. In vitro pollen germination and pollen viability in passion fruit (*Passiflora* spp.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 4, p. 1116-1126, 2013.

SOUZA, S. F. D.; RIBEIRO, V. G. Yellow passion-fruit irrigated in diferent cropping systems. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n. 3, 2016.

SOUZA, P. U.; LIMA, L. K. S.; SOARES, T. L.; JESUS, O. N.; COELHO FILHO, M. A.; GIRARDI, E. A. Biometric, physiological and anatomical responses of *Passiflora* spp. to controlled water deficit. **Scientia Horticulturae**, v. 229, 2018.

## CAPÍTULO II

### PARÂMETROS GENÉTICOS POR REML/BLUP EM HÍBRIDOS DE MARACUJAZEIRO DA RC3 [(*P. edulis* x *P. cincinnata*) x *P. edulis*]<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup>Artigo a ser traduzido e submetido para o comitê editorial do periódico *Euphytica*.

## Parâmetros genéticos por REML/BLUP em híbridos de maracujazeiro da RC3 [(*P. edulis* x *P. cincinnata*) x *P. edulis*]

**Resumo:** A virose do endurecimento dos frutos, causada pelo *Cowpea aphid-borne mosaic virus* – CABMV, é a doença de parte aérea que mais impacta economicamente a passicultura brasileira. Cruzamentos interespecíficos (*P. edulis* x *P. cincinnata*) seguidos por retrocruzamento têm sido utilizados como estratégias para introgridir alelos de resistência da espécie silvestre para a comercial e recuperar características agrônomicas de interesse. Uma etapa crucial no desenvolvimento de novos híbridos é a seleção que deve ser baseada em parâmetros genéticos. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi estimar os parâmetros genéticos e valores genotípicos preditos para a seleção de famílias e progênies de maracujazeiro da terceira geração de retrocruzamento - RC3 por meio da metodologia de modelos mistos REML/BLUP quanto aos caracteres dos frutos e tolerância ao CABMV. Foram avaliadas 366 progênies BC3 pertencentes a 22 famílias quanto aos caracteres de produção, físico e químico dos frutos e resistência ao CABMV. A severidade ao CABMV foi avaliada em condições de ocorrência natural da doença com base numa escala de notas que variou de 1 (resistente) a 4 (altamente suscetível) e os valores convertidos em índice de doença (ID%) de McKinney. As estimativas dos parâmetros genéticos via REML revelaram alta variabilidade na população RC3, sendo que a  $\sigma_f^2$  foi explicada na maioria dos caracteres pela  $\sigma_a^2$  e as maiores  $h_a^2$  variaram de (0,55 a 0,90) para espessura da casca, peso e comprimento do fruto, peso da casca, peso da polpa com sementes e diâmetro do fruto. A variância genética e a herdabilidade para virose do endurecimento dos frutos foram baixas na população. Os valores genotípicos preditos de  $\mu+g$  obtidos pelo BLUP mostram uma ampla variação para os caracteres avaliados, sendo que doze progênies se destacaram para a qualidade de frutos e produtividade, seguidas por uma progênie que associou qualidade, produção, produtividade e menor severidade ao CABMV. As famílias BC3.C e BC3.D e as progênies que as compõem destacaram-se, especialmente quanto as variáveis ligadas a qualidade dos frutos. De modo geral, as famílias e progênies RC3 foram classificadas como moderadamente resistentes e suscetíveis à virose, com destaque para as famílias BC3.A, BC3.B e BC3.G, que contemplam as 43 progênies que apresentaram resistência moderada ao CABMV. As famílias e progênies selecionadas serão recombinadas e avaliadas em polos de produção visando identificar as mais promissoras e uniformes agronomicamente.

**Palavras chave:** Espécie silvestre; Introgressão de genes; Produção; Resistência

### Genetic parameters by REML/BLUP in population BC3 passion fruit hybrids [(*P. edulis* x *P. cincinnata*) x *P. edulis*]

**Abstract:** The passionfruit woodiness disease, caused by *Cowpea aphid-borne mosaic virus* - CABMV, is the aerial part disease that most economically impacts Brazilian passiculture. Interspecific crosses (*P. edulis* x *P. cincinnata*) followed by backcrossing have been used as strategies to introgress resistance alleles of the wild species to the commercial species and to recover agronomic characteristics of interest. A crucial step in the development of new hybrids is the selection that must be based on genetic parameters. In this sense, the objective of this work was to estimate the genetic parameters and genotypic values predicted for the selection of passion fruit families and progenies of the third generation of backcrossing - BC3 through the methodology of mixed models REML/BLUP regarding the characters of the fruits and tolerance to CABMV. Were evaluated 366 BC3 progenies belonging to 22 families for fruit production, physical and chemical traits and resistance to CABMV. The CABMV severity was assessed under conditions of naturally occurring disease based on a rating scale that ranged from 1 (resistant) to 4 (highly susceptible) and the values converted into McKinney's disease index (ID%). Estimates of genetic parameters via REML revealed high variability in the BC3 population, with  $\sigma_f^2$  explained in most characters by  $\sigma_a^2$  and the highest  $h_a^2$  varied from (0.55 to 0.90) for thickness of the peel, fruit weight and length, peel weight, pulp weight with seeds and fruit diameter. Genetic variance and heritability for fruit hardening virus were low in the population. The predicted genotypic values of  $\mu + g$  obtained by BLUP show a wide variation for the evaluated characters, with twelve progenies standing out for fruit quality and productivity, followed by a progeny that associated quality, production, productivity and less severity to CABMV. The BC3.C and BC3.D families and the progenies that compose them stood out, especially regarding the variables related to the quality of the fruits. In general, BC3 families and progenies were classified as moderately resistant and susceptible to virosis, with emphasis on the BC3.A, BC3.B and BC3.G families, which include the 43 progenies that presented moderate resistance to CABMV. The selected families and progenies will be recombined and evaluated in production centers in order to identify the most promising and uniform agronomically.

**Keywords:** Wild species, Introgression of genes, Production, Resistance

## 1 Introdução

O maracujazeiro amarelo ou azedo, *Passiflora edulis* Sims. (Bernacci et al., 2008) representa uma frutífera de grande valor social e econômico para o Brasil que se destaca no cenário internacional como maior produtor e consumidor (Faleiro et al., 2019). No entanto, a produtividade nacional é baixa 14,10 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2020), considerando que o potencial da cultura é de 40 a 50 t ha<sup>-1</sup> (Meletti, 2011). Entre os fatores para a baixa produtividade, destaca-se a falta de variedades homogêneas e produtivas, tolerantes às principais pragas e doenças (Cavichioli; Kasai; Nasser, 2014).

A virose do endurecimento dos frutos, causada pelo *Cowpea aphid-borne mosaic virus* – CABMV (Nascimento et al., 2004) é a doença de maior impacto econômico (Maciel et al., 2009; Cerqueira-Silva et al., 2014), pois acarreta na depreciação da qualidade e rendimento dos frutos. Como agravante, todas as cultivares de maracujá amarelo e doce são suscetíveis (Monteiro-Hara et al., 2011) e não há relatos de estratégias efetivas para o seu controle (Novaes; Rezende, 1999; Trevisan et al., 2006; Fischer et al., 2007; Fischer; Rezende, 2008; Cerqueira-Silva et al., 2008; 2012; Correa et al., 2015; Freitas et al., 2015; Spadotti et al., 2019). Desta forma, o desenvolvimento de cultivares com resistência é a alternativa mais eficaz e duradoura para minimizar os danos causados pela doença, que apesar da herança complexa, genótipos tolerantes podem ser obtidos desde que sejam utilizadas populações com número efetivo satisfatório (Santos et al., 2019a).

A exploração dos recursos genéticos do gênero *Passiflora* torna-se uma opção viável e promissora para o desenvolvimento de genótipos superiores (Freitas et al., 2015; 2016a, b; Jesus et al., 2018a; Santos et al., 2019c), haja visto que as passifloras exibem expressiva variabilidade intra e interespecífica (Ramaiya et al., 2014; Ocampo et al., 2016; Ocampo; D'eeckenbrugge, 2017). As espécies deste gênero apresentam resistência a estresses abióticos (Souza et al., 2018; Lima et al., 2019; Moura et al., 2019) e bióticos como a resistência a doenças viróticas (Sacoman et al., 2018; Santos et al., 2019b) já observada em *Passiflora nitida* Kunth., *Passiflora quadrangularis* L., *Passiflora suberosa* L., *Passiflora malacophylla* Mast., *Passiflora cincinnata* Mast. e *Passiflora setacea* DC. (Cerqueira-Silva et al., 2008; Paula et al., 2010; Oliveira et al., 2013; Freitas et al., 2015; Sacoman et al., 2018; Gonçalves et al., 2018). Assim, a resistência genética

desejável nas cultivares de maracujá amarelo pode ser alcançada introgrido os genes dessas espécies silvestres.

A espécie *Passiflora cincinnata* Mast. é originária do semiárido brasileiro (Araújo et al., 2008) e exibe além da resistência genética ao CABMV (Oliveira et al., 2013; Gonçalves et al., 2018), características interessantes como tolerância à seca (Carmo et al., 2017; Souza et al., 2018), maior período de florescimento e potencial para uso na indústria farmacêutica (Soares et al., 2013; Paiva et al., 2014; Coelho et al., 2016; Siebra et al., 2018). Híbridagens interespecíficas têm sido realizadas, a exemplo dos estudos envolvendo populações *P. edulis* x *P. setacea* (Fonseca et al., 2009; Santos et al., 2015a, b; Freitas et al., 2015) para o desenvolvimento de cultivares resistentes ao CABMV. A Embrapa também tem focando em híbridagens interespecíficas seguidas de ciclos retrocruzamento – RC [(*P. edulis* x *P. cincinnata*) x *P. edulis*] (Jesus et al., 2016b) e atualmente a população está na terceira geração de retrocruzamento – RC3 [(*P. edulis* x *P. cincinnata*) x *P. edulis*] da qual as melhores progênies serão selecionadas para ensaio de validação em polos de produção.

Na etapa de seleção é importante que o programa de melhoramento utilize métodos que predizem o valor genético de um indivíduo por intermédio de suas características fenotípicas (Ferreira, et al., 2016) utilizando modelos que permitam a seleção com maior acurácia (Resende, 2002; Cruz; Carneiro, 2006). O modelo misto REML/BLUP (Máxima Verossimilhança Residual/ Melhor Preditor Linear Não Viesado), permite a correção simultânea de efeitos ambientais e a estimativa de componentes de variância e predição de valores genéticos de cada indivíduo (Resende, 2016) que são parâmetros essenciais para seleção mais eficiente. O REML/BLUP tem sido utilizado para estimação de parâmetros genéticos e seleção em várias espécies (Resende, 2016), inclusive maracujá (Santos et al., 2015a; Cruz Neto et al., 2016; Ferreira, et al., 2016). Assim, o objetivo desse estudo foi estimar os parâmetros genéticos e valores genotípicos preditos para a seleção de famílias e progênies de maracujazeiro da terceira geração de retrocruzamento - RC3 [(*P. edulis* x *P. cincinnata*) x *P. edulis*] por meio da metodologia de modelos mistos REML/BLUP quanto aos caracteres dos frutos e tolerância a virose do endurecimentos dos frutos.



## 2 Material e Métodos

### 2.1 Local do experimento

O experimento foi instalado na Embrapa Mandioca e Fruticultura em Cruz das Almas-BA (12° 39' 25" S, 39° 07' 27" W, 222 m). De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é uma transição do tipo Am a Aw (tropical subúmido a seco), com temperatura média anual do ar de 23,8 °C, precipitação pluviométrica anual média de 1.224 mm, concentrada de junho a agosto, e umidade relativa média anual em torno de 80%. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Amarelo distrocoeso álico.

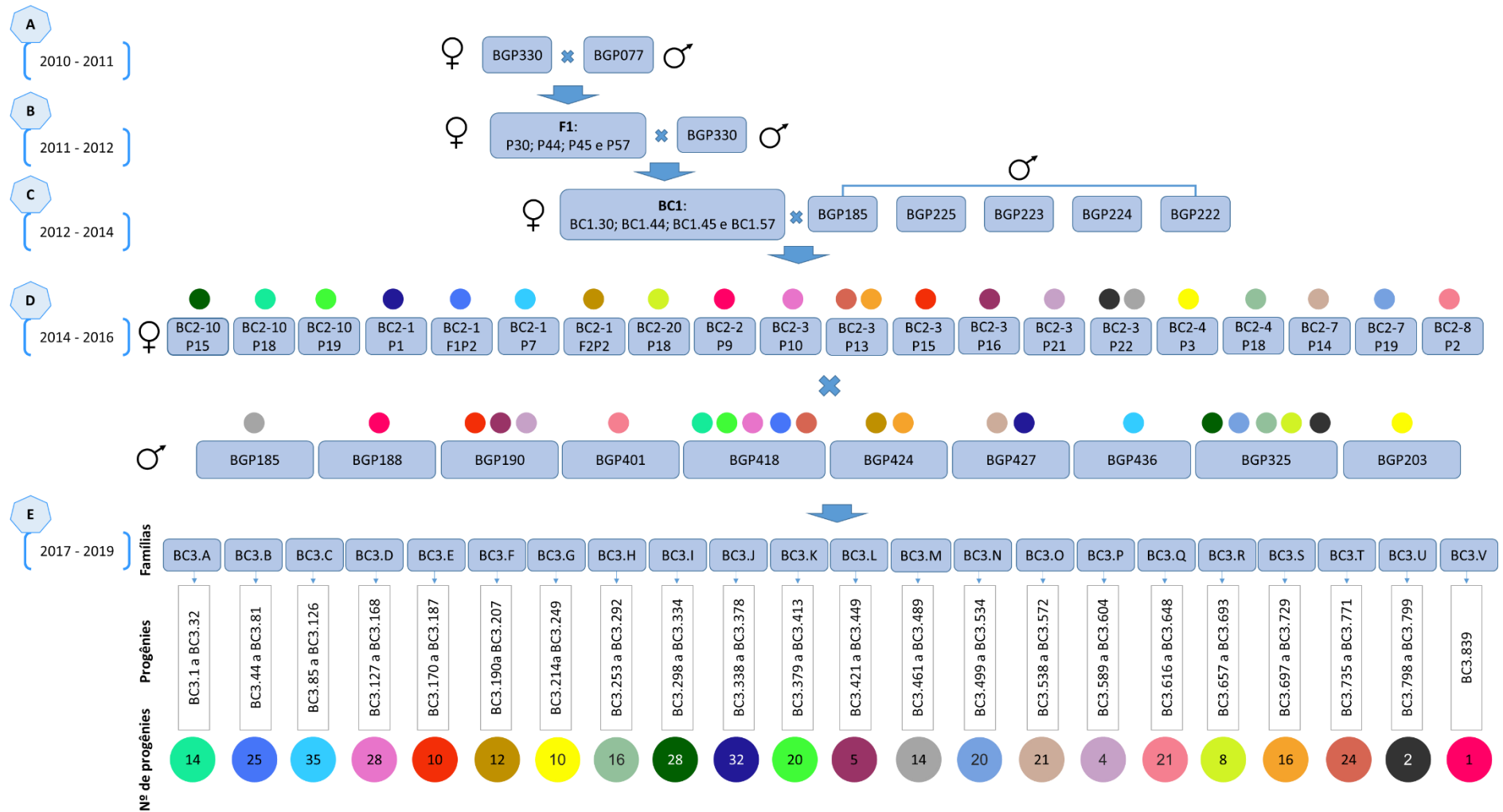
### 2.2 Obtenção das progênes da terceira geração de retrocruzamento (RC3)

O Programa de Melhoramento Genético do Maracujazeiro da Embrapa Mandioca e Fruticultura (PMGM-Embrapa), visando a obtenção de genótipos superiores e resistentes ao CABMV, realizou entre os anos de 2010 e 2011 hibridações interespecíficas entre os acessos ♀ BGP330 (*Passiflora edulis* Sims.) e ♂ BGP077 (*Passiflora cincinnata* Mast.), com o intuito de introgradir os alelos de resistência ao CABMV da espécie silvestre *P. cincinnata* Mast (Oliveira et al., 2013; Gonçalves et al., 2018) para a espécie comercial (Figura 1a).

Deste cruzamento, foram selecionados, com base na menor severidade ao CABMV, quatro híbridos interespecíficos F1 (P30, P44, P45 e P57) entre os anos de 2011 e 2012 (Figura 1b), sendo retrocruzados com o genitor recorrente (BGP330) dando origem as progênes da primeira geração de retrocruzamento – RC1, avaliadas de 2012 a 2014. Dessa população foi possível selecionar progênes por apresentarem menor severidade da doença do endurecimento dos frutos (CABMV) e boas características agronômicas (Jesus et al., 2016b) (Figura 1c). As 92 progênes da segunda geração de retrocruzamento - RC2 foram obtidas através de cruzamentos artificiais envolvendo as plantas BC1 (♀) com cinco acessos de *P. edulis* (BGP185, BGP222, BGP223, BGP224 e BGP225) (♂), avaliados entre os anos de 2014 e 2016 (Figura 1d). A população RC3, por sua vez, resultou do cruzamento entre 20 progênes BC2 (♀) com dez acessos (♂) do BAG-Maracujá da Embrapa: BGP185, BGP188, BGP190, BGP203, BGP325, BGP401, BGP418, BGP424, BGP427 e BGP436 (Figura 1e).

Por se tratar de uma população numerosa composta por 849 progênies RC3, com ampla variabilidade, foi necessária uma seleção prévia das progênies para que a caracterização dos frutos pudesse ser feita apenas nos grupos escolhidos. A seleção fenotípica das progênies foi realizada em campo, cinco meses após o plantio (período em que se encontravam em estágio reprodutivo – ramos terciários com presença de frutos), com base em uma análise visual planta a planta que considerou os seguintes atributos: vigor vegetativo e reprodutivo, severidade ao CABMV e produtividade das plantas (Jesus et al., 2017) (Figura 2a-b).

Cerca de 43% da população (366 progênies) apresentou plantas vigorosas, sem ou com poucos sintomas de virose e com frutos acima de 200g (Figura 2b). As 366 progênies RC3 selecionadas estão distribuídas em 22 famílias (BC3.A a BC3.V) em que 14 progênies são da (BC3.A); 25 (BC3.B); 35 (BC3.C); 28 (BC3.D); 10 (BC3.E); 12 (BC3.F); 10 (BC3.G); 16 (BC3.H); 28 (BC3.I); 32 (BC3.J); 20 (BC3.K); 5 (BC3.L); 14 (BC3.M); 21 (BC3.N); 20 (BC3.O); 4 (BC3.P); 21 (BC3.Q); 8 (BC3.R); 16 (BC3.S); 24 (BC3.T); 02 (BC3.U) e 01 (BC3.V) (Figura 1e).



**Figura 1.** Genealogia utilizada para obtenção das famílias e suas progênes da terceira geração de retrocruzamento RC3 [(*P. edulis* x *P. cincinnata*) x *P. edulis*]. Os círculos menores com as mesmas cores indicam a direção dos cruzamentos e a família BC3 resultante (Exemplo: BC2.10P15 (♀) x BGP325 (♂) resultou na família BC3.I). Número dentro dos círculos maiores indica a quantidade de progênes avaliadas por família RC3.

### **2.3 Semeadura, plantio e tratos culturais**

A semeadura foi realizada em telado antiafídeo em bandejas de polietileno do tipo JKS PP composta por 162 células com capacidade de 50 mL cada. O substrato utilizado foi uma mistura de Vivatto® e fibra de coco na proporção 3:1, sendo adicionada a esta mistura 20 g L<sup>-1</sup> do fertilizante Osmocote®. O plantio das mudas das progênies RC3 em campo ocorreu aos 54 dias após a semeadura (DAS).

As plantas foram conduzidas em espaldeiras de 2,00 m de altura e um fio de arame no espaçamento 2,00 m entre filas e 2,70 m entre plantas. A condução das plantas foi realizada em haste única, usando como tutor um barbante de algodão até atingirem a altura da espaldeira. A irrigação suplementar utilizada foi por gotejamento e os tratos culturais usualmente recomendados ao cultivo do maracujazeiro foram seguidos (Lima et al., 2011).

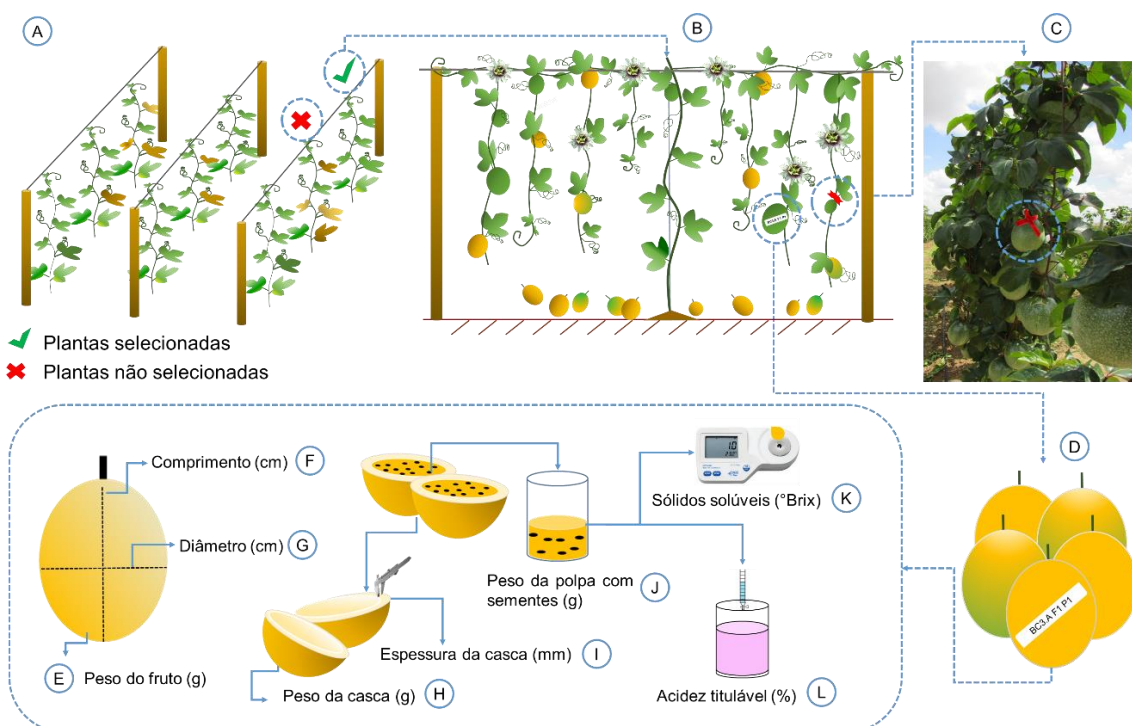
### **2.4 Contagem do número de frutos**

Foram realizadas três contagens de frutos por planta em campo ente o 4º e o 11º mês após o plantio (MAP), onde todos os frutos, desde o estágio inicial de desenvolvimento até a maturação, foram registrados. Para evitar a contagem antecipada e/ou tardia, marcou-se com fita do tipo cetim colorida um fruto em estágio inicial em cada planta avaliada, para que, só após seu desenvolvimento, maturação e abscisão, uma nova contagem fosse realizada (Jesus et al., 2017) (Figura 2c).

### **2.5 Caracterização física e química dos frutos**

Os frutos do primeiro ciclo de produção das 366 progênies RC3 foram caracterizados físico e quimicamente. Em campo, dez frutos ainda verdes foram selecionados de acordo com o padrão apresentado pela planta (formato e tamanho da maioria dos frutos produzidos) e, em seguida, marcados com fita do tipo crepe (com a identificação da família, fila e planta) para evitar o risco de troca ou mistura dos mesmos no momento da coleta que ocorreu periodicamente à medida que os frutos amadureciam. Por se tratar de um número elevado de progênies, foram caracterizados cinco dos dez frutos selecionados por planta (Figura 2d).

As análises físicas e químicas ocorreram no Laboratório de pós-colheita da Embrapa e utilizou-se oito descritores que fazem parte do catálogo ilustrado para *Passiflora* (Jesus et al., 2017), tais como: peso do fruto (PF) em g; comprimento do fruto (CF), diâmetro do fruto (DF) e espessura da casca (EC) em mm; peso da casca (PC) em g; peso da polpa com semente (PPS) em g; sólidos solúveis (SS) em °Brix e acidez titulável (AT) determinada através da titulação com uma solução de 0,1 N de NaOH e expressa em porcentagem (Figura 2e-l).



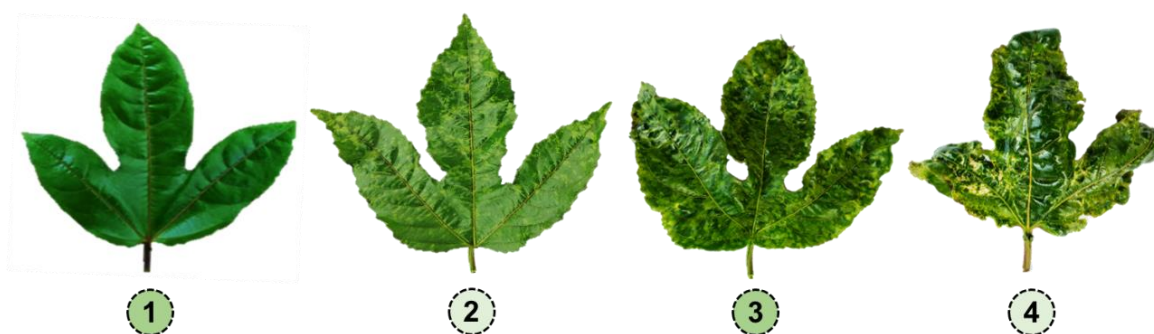
**Figura 2.** Esquema das avaliações agrônômicas realizadas. A) Seleção fenotípica das plantas RC3 em condições de campo; B) Aspecto morfológico das plantas selecionadas; C) Avaliação do número de frutos por planta; D) Frutos selecionados para análise física e química; E-J) Variáveis físicas avaliadas por fruto; K-L) Variáveis químicas avaliadas por fruto. Círculos mostram fruto marcado para contagem nº de frutos e identificado para análise física e química.

## 2.6 Avaliação da severidade ao CABMV

As avaliações dos sintomas da virose do endurecimento dos frutos causada pelo CABMV foram realizadas mensalmente após a ocorrência natural da doença em campo, entre o 3º e o 12º MAP, totalizando 10 avaliações. Utilizou-

se o critério de sintomatologia visual de acordo com a intensidade de manifestação dos sintomas foliares para a planta de uma forma geral (Oliveira et al., 2013; Jesus et al., 2017) por meio de uma escala de notas que variou de 1 a 4, sendo: 1 (resistente); 2 (moderadamente resistente); 3 (suscetível) e 4 (altamente suscetível) (Novaes; Rezende, 1999; Fonseca, 2007; 2009) (Figura 3).

A severidade do CABMV foi quantificada com uso do Índice de Doença (ID) proposto por Mckinney (1923). O cálculo do índice foi realizado com base na ponderação da escala de notas de infecção, por meio da seguinte fórmula: 
$$ID (\%) = \frac{\sum(GS \times L)}{(TNL \times HGS)} \times 100$$
, onde: GS = grau da escala determinada para cada planta; L = número de plantas que aparecem em cada grau da escala; TNL = número total de plantas e HGS = nota mais alta da escala. Posteriormente, foram gerados os intervalos para os ID estimados para a classificação das progênes como: resistentes - R (ID variando de 0,0 – 15,9%), moderadamente resistentes - MR (ID variando de 16,0 – 31,9%), suscetíveis - S (ID variando de 32,0 – 50,9%) e altamente suscetíveis - AS (ID  $\geq$  51,0%).



**Figura 3.** Escala diagramática para avaliação da sintomatologia das 366 progênes RC3 avaliadas em condições de campo para a virose do endurecimento dos frutos (CABMV). 1) Folhas da planta sem sintomas (R= resistente); 2) Folhas da planta com mosaico leve, sem deformação e bolhas (MR = moderadamente resistente); 3) Folhas da planta com mosaico intenso e bolhosidade (S= suscetível); 4) Folhas da planta com mosaico, bolhas e deformação severa no limbo (AS = altamente suscetível).

## 2.7 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos aumentados constituído por três repetições, 366 tratamentos não comuns e 10 tratamentos comuns representados por acessos de maracujá amarelo (*P. edulis*) oriundos do BAG-Maracujá da Embrapa: BGP038; BGP185; BGP188; BGP190; BGP400; BGP401; BGP418; BGP424; BGP425 e BGP427.

## 2.8 Análise estatística

As estimativas dos componentes de variância e parâmetros genéticos foram obtidas pela metodologia de modelos mistos REML/BLUP método de máxima verossimilhança restrita (*Restricted Maximum Likelihood* - REML) e a predição dos valores genotípicos pela melhor predição linear não viciada (*Best Linear Unbiased Prediction* - BLUP).

O modelo estatístico usado foi:  $y = Xr + Zm + Wf + Tc + Sb + e$ , em que  $y$  é o vetor de dados,  $r$  é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral,  $m$  é o vetor dos efeitos de genitores da população 1 ou população de machos (não necessariamente) (assumidos como aleatórios),  $f$  é o vetor dos efeitos genitores da população 2 ou população de fêmeas (não necessariamente)(aleatórios),  $c$  é o vetor dos efeitos da capacidade específica de combinação dos genitores da população 1 com os genitores da população 2 (aleatórios),  $b$  é o vetor dos efeitos de bloco (aleatórios),  $e$  é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos (Resende, 2007).

Os componentes de variância estimados com base no REML foram: variância genética entre machos ou genitores da população 1 em cruzamento com a população 2, a qual estima (1/4) da variação genética aditiva correspondente ( $\sigma_{gm}^2$ ); variância genética entre fêmeas ou genitores da população 2 em cruzamento com a população 1, a qual estima (1/4) da variação genética aditiva correspondente ( $\sigma_{gf}^2$ ); variância da capacidade específica de combinação interpopulacional entre dois genitores, a qual estima (1/4) da variação genética de dominância correspondente ( $\sigma_{CEC}^2$ ); variância entre parcelas ( $\sigma_{bloc}^2$ ); variância residual ( $\sigma_e^2$ ); estimativa da variância de dominância interpopulacional  $\sigma_a^2 = 4\sigma_{CEC}^2$ ; variância aditiva interpopulacional  $\sigma_a^2 = 2(\sigma_{gm}^2 + \sigma_{gf}^2)$ ; variância genética

total  $\sigma_g^2 = \sigma_a^2 + \sigma_d^2$ ; estimativa da variância fenotípica interpopulacional  $\sigma_f^2 = \sigma_{gm}^2 + \sigma_{gf}^2 + \sigma_{CEC}^2 + \sigma_{bloc}^2 + \sigma_e^2$ ; estimativa do coeficiente de determinação dos efeitos da capacidade específica de combinação interpopulacional  $c_{CEC}^2 = \sigma_{CEC}^2 / \sigma_f^2$ ; estimativa da herdabilidade individual dos efeitos de dominância  $h_a^2 = \sigma_a^2 / \sigma_f^2$ ; e herdabilidade interpopulacional individual no sentido restrito, média para as duas populações  $h_a^2 = \sigma_a^2 / \sigma_f^2$ ; herdabilidade interpopulacional individual no sentido amplo, ou seja, dos efeitos genotípicos totais  $h_g^2 = (\sigma_a^2 + \sigma_d^2) / \sigma_f^2$ ; estimativa do coeficiente de determinação dos efeitos de parcela  $c_{bloc}^2 = \sigma_{bloc}^2 / \sigma_f^2$ ; coeficiente de variação genotípica entre progênies  $CV_{gp}(\%) = \frac{\sqrt{\sigma_a^2}}{\mu} 100$ ; coeficiente de variação residual  $CV_e(\%) = \frac{\sqrt{\sigma_e^2}}{\mu} 100$ ; média geral do experimento ( $\mu$ ). Além disso, os valores genéticos (g) foram preditos pelo BLUP e obtidos através do software genético e estatístico Selegen, modelo 90, desenvolvido por Resende (2016). Em relação aos dados da caracterização física e química e de produção foram gerados box plots e histogramas das médias genotípicas preditas ( $\mu + g$ ) para as 22 famílias e 366 progênies RC3 avaliadas. Posteriormente as médias das famílias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ) com o auxílio do programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2011).

### 3 Resultado e Discussão

#### 3.1 Estimativas dos componentes de variância via REML

A variância genética aditiva média ( $\sigma_a^2$ ) foi a principal determinante da variância fenotípica interpopulacional ( $\sigma_f^2$ ) para cinco características físicas dos frutos da população RC3: peso do fruto (PF), comprimento do fruto (CF), diâmetro do fruto (DF), peso da casca (PC) e peso da polpa com sementes (PPS) (Tabela 1). Isso refletiu na herdabilidade total ( $h_g^2$ ) cuja estimativa teve forte influência da herdabilidade interpopulacional individual no sentido restrito ( $h_a^2$ ) sendo maior que a herdabilidade dos efeitos de dominância ( $h_d^2$ ). Uma exceção entre os dez caracteres analisados foi a variável química sólidos solúveis (SS), pois  $h_g^2$  foi determinada pela  $h_a^2$  (Tabela 1). Segundo estimativas de Resende (2002), os resultados encontrados para  $h_a^2$  foram de alta magnitude ( $h_a^2 \geq 0,50$ )



para EC, AT, PPS, CF, PC, PF e DF variando de 0,55 a 0,90, de média magnitude ( $0,15 \leq h_a^2 < 0,50$ ) para ID Virose com 0,19 e NF com 0,28 e de baixa magnitude ( $h_a^2 < 0,15$ ) para SS com 0,10 (Tabela 1).

Os valores elevados da herdabilidade para maioria dos caracteres avaliados evidencia alto controle genético e permite prever condições favoráveis para a seleção (Rosado et al., 2010; Cavalcante, et al., 2017; 2018). Por outro lado, os valores menores de  $h_a^2$  para NF e ID virose estão relacionados a maior influência da variância residual ( $\sigma_e^2$ ) (84% para ambos caracteres) na  $\sigma_f^2$ , também houve efeito pronunciado da  $\sigma_e^2$  para EC, AT e SS com variação de 69,2 a 79,5% (Tabela 1) o que pode reduzir os ganhos com a seleção nesses caracteres (Chagas et al., 2016; Rosado et al., 2019). Outros estudos realizados com diferentes populações de maracujá amarelo apresentaram maior contribuição da  $\sigma_e^2$  para características como NF e EC (Santos et al., 2015a); NF e PF (Freitas et al., 2016b; Silva et al., 2017) e NF, PF, CF, EC e SS (Cavalcante et al., 2019), indicando que a resposta é diferenciada a depender da população estudada. A herdabilidade de um caráter está relacionada a uma propriedade da população e de sua interação com ambiente, sendo dependente da magnitude de todos os componentes da variância (Falconer, 1987).

A presença de  $\sigma_a^2$  na população RC3 é de grande importância para o melhoramento de plantas, pois trata-se de um fator decisivo para o ganho a ser obtido pela seleção, uma vez que determina a fração herdável pelas gerações futuras (Cruz; Carneiro, 2006), tendo em vista que apenas efeitos aditivos são transmitidos à descendência (Laviola et al., 2018). Como os ganhos de seleção preditos dependem da herdabilidade apresentada pelo caráter (Cordeiro et al., 2019), presume-se altos percentuais de ganho de seleção para os caracteres avaliados. Vale salientar que as características que apresentam herdabilidades consideradas médias (ID Virose com 0,19 e NF com 0,28) não indicam ausência de seleção (Santos et al., 2015a), porém os ganhos previstos serão menores.

Em relação ao ID Virose, a influência da  $\sigma_e^2$  observada sugere que as progênes RC3 em estudo apresentam baixa variabilidade genética para esta característica, provavelmente devido aos indivíduos serem oriundos do terceiro

ciclo de seleção e retrocruzamento e seu genitor recorrente (*P. edulis*) uma espécie tida como suscetível ao CABMV (Cerqueira-Silva et al., 2014; Correa et al., 2015; Gonçalves, et al., 2018; Santos et al., 2019a, b) e assim, com baixa frequência dos alelos favoráveis à resistência. Esta diferença entre a  $\sigma_e^2$  e a  $\sigma_a^2$  corrobora para que haja um decréscimo na herdabilidade (Tabela 1).

**Tabela 1.** Estimativas dos componentes de variância (REML) em 366 progênes de maracujazeiro amarelo obtidas a partir da terceira geração de retrocruzamento – RC3 com base em dez caracteres: número de frutos (NF), peso do fruto (PF), comprimento do fruto (CF), diâmetro do fruto (DF), peso da casca (PC), espessura da casca (EC), peso da polpa com semente (PPS), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e severidade ao CABMV (ID Virose).

<b>Parâmetros</b>	<b>NF</b>	<b>PF</b>	<b>CF</b>	<b>DF</b>	<b>PC</b>	<b>EC</b>	<b>PPS</b>	<b>SS</b>	<b>AT</b>	<b>ID Virose</b>
$\sigma_{gm}^2$	13.10	2.27	0.10	12.14	24.52	0.63	0.37	0.11	0.00	0.28
$\sigma_{gf}^2$	38.87	1309.56	30.32	18.97	556.23	0.04	185.65	0.01	0.10	22.55
$\sigma_a^2$	103.94	2623.66	60.82	62.21	1161.50	1.33	372.04	0.25	0.20	45.66
$\sigma_{CEC}^2$	1.53	13.52	2.91	0.45	13.12	0.08	1.56	0.40	0.00	0.80
$\sigma_{bloc}^2$	3.87	100.52	10.99	1.39	3.03	0.00	50.68	0.00	0.00	14.78
$\sigma_e^2$	315.03	1813.29	44.40	36.47	982.66	1.66	343.42	2.02	0.24	206.95
$\sigma_f^2$	372.40	3239.16	88.71	69.42	1579.56	2.40	581.67	2.54	0.34	245.36
$c_{CEC}^2$	0.00	0.00	0.03	0.01	0.01	0.03	0.00	0.16	0.00	0.00
$h_d^2$	0.02	0.02	0.13	0.03	0.03	0.13	0.01	0.63	0.01	0.01
$h_a^2$	0.28	0.81	0.69	0.90	0.74	0.55	0.64	0.10	0.58	0.19
$h_g^2$	0.30	0.83	0.82	0.92	0.77	0.68	0.65	0.73	0.59	0.20
$c_{bloc}^2$	0.01	0.03	0.12	0.02	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.06
$CV_{gp}(\%)$	11.81	15.35	6.22	6.43	17.90	11.06	14.17	5.17	8.54	13.40
$CV_e(\%)$	28.65	17.95	7.18	6.91	23.02	16.52	19.17	10.14	13.28	39.67
<b><math>\mu</math></b>	<b>61.95</b>	<b>237.19</b>	<b>92.80</b>	<b>87.36</b>	<b>136.16</b>	<b>7.79</b>	<b>96.69</b>	<b>14.00</b>	<b>3.68</b>	<b>36.27</b>

$\sigma_{gm}^2$ : variância genética entre machos.  $\sigma_{gf}^2$ : variância genética entre fêmeas.  $\sigma_a^2$ : variância genética aditiva média.  $\sigma_{CEC}^2$ : variância da capacidade específica de combinação interpopulacional.  $\sigma_{bloc}^2$ : variância entre parcelas.  $\sigma_e^2$ : variância residual.  $\sigma_f^2$ : variância fenotípica individual.  $c_{CEC}^2$ : coeficiente de determinação dos efeitos da capacidade específica de combinação.  $h_d^2$ : herdabilidade individual dos efeitos interpopulacionais de dominância.  $h_a^2$ : herdabilidade interpopulacional individual no sentido restrito, média para as duas populações.  $h_g^2$ : herdabilidade interpopulacional individual no sentido amplo, ou seja, dos efeitos genotípicos totais.  $c_{bloc}^2$ : coeficiente de determinação dos efeitos de parcela.  $CV_{gp}(\%)$ : coeficiente de variação genotípica entre progênes.  $CV_e(\%)$ : coeficiente de variação residual.  $\mu$ : Média geral do experimento.

Para Jung et al. (2008) as  $\sigma_e^2$  podem ofuscar as de natureza genética dificultando a seleção de genótipos de forma efetiva, especialmente quando a herança do caráter for complexa como é o caso da resistência ao CABMV que apresenta natureza poligênica (Fonseca et al., 2009; Freitas et al., 2015; Santos et al., 2015a, b; 2019a). Uma alternativa possível para aumentar as perspectivas de êxito seria a identificação de *P. edulis* com menor severidade ao CABMV (Gonçalves, et al., 2007; Oliveira et al., 2013; Gonçalves et al., 2018) para ser usado nos ciclos de retrocruzamentos visando também contribuir com genes de resistência, embora em menor proporção. Além disso, a avaliação de grande número plantas poderia aumentar a chance de encontrar as combinações alélicas desejáveis nas progênies segregantes da RC3.

As características dos frutos são consideradas importantes para o consumo *in natura* e para indústria, sendo essencial incrementar o PF, CF, DF e PPS e diminuir a EC e PC (Freitas et al., 2012). Em estudo com seleção individual de plantas de maracujazeiro azedo, realizado por Assunção et al. (2015) foram observadas herdabilidades individuais de alta magnitude para PF (87%) e CF (65%), valores muito próximos aos da população RC3 com 81% e 69%, respectivamente (Tabela 1). Por outro lado, os valores observados por Cavalcante et al. (2018) para  $h_a^2$  foram inferiores para EC, PF, CF e DF que apresentaram estimativas de 24, 32, 33 e 35%, respectivamente e com valor similar para SS (13%) (Tabela 1). A variável SS foi a única com baixo valor de herdabilidade no sentido restrito o que pode estar relacionado a estabilização da população RC3 em relação a esta característica (Cavalcante et al., 2019).

O coeficiente de variação genotípica entre progênies ( $CV_{gp\%}$ ) é um parâmetro que quantifica a variação genética disponível para seleção e expressa em percentagem da média geral ( $\mu$ ) a contribuição da variância genética e quando associada a herdabilidade alta favorece ganhos com a seleção (Faleiro et al., 2002). Na população RC3 avaliada menores valores para o  $CV_{gp\%}$  foram de 5,17 a 8,54% para os caracteres SS, CF, DF e AT e os maiores de 11,06 a 17,90% para os caracteres EC, NF, ID Virose, PPS, PF e PC (Tabela 1). Coeficientes de variação genética acima de 7% são considerados altos (Sebbenn et al., 1998), assim a maioria das variáveis avaliadas apresentaram uma situação favorável à seleção. Ao avaliarem os ganhos genéticos preditos em 16 progênies de meios-irmãos de

maracujá amarelo Oliveira et al. (2008) apresentaram estimativas de  $CV_{gp\%}$  variando de 1,94 (DF) a 12,92% (NF) e herdabilidade dentro de progênies de 17% (DF) a 38% (CF), diferentemente dos resultados encontrados neste estudo, que foram superiores para a maioria das variáveis avaliadas (Tabela 1).

Em relação ao coeficiente de variação residual ( $CV_{e\%}$ ) houve variação de 7,18% a 39,67% para CF e ID-Virose, respectivamente (Tabela 1). Valores elevados para  $CV_{e\%}$  indicam alta amplitude nos dados (Farias Neto et al., 2008) com maior efeito do ambiente (Silva et al., 2012) como no caso das variáveis NF ( $CV_{e\%} = 28,65\%$ ) e ID Virose ( $CV_{e\%} = 39,67\%$ ) (Tabela 1). Considerando outros estudos, valores de  $CV_{e\%}$  observados no presente trabalho, de modo geral, são considerados aceitáveis para características quantitativas, indicando boa precisão experimental (Rosado et al., 2012; Cruz Neto et al., 2016) e estão próximos aos encontrados por Freitas et al. (2015) para ID-Virose (27,9%) e para caracteres relacionados a qualidade do fruto variando de 2,94% (CF) a 39,87% (PF) por (Freitas et al., 2016a).

O delineamento utilizado apresentou efeitos de bloco ( $c_{bloq}^2$ ) baixos, apenas CF obteve valor de 0,12 e os demais variaram de 0,0 a 0,09 (Tabela 1), sugerindo que há pouca heterogeneidade ambiental entre e dentro dos blocos (Atroch, et al., 2013). Bons experimentos com plantas perenes apresentam estimativas de  $c_{bloq}^2$  em torno de 0,10, ou seja, toda variação fenotípica observada dentro dos blocos apenas 10% é devida à variância ambiental entre parcelas e assim não interfere na estimativa dos parâmetros genéticos (Resende, 2002).

### **3.2 Valores genéticos preditos via BLUP em famílias e progênies RC3**

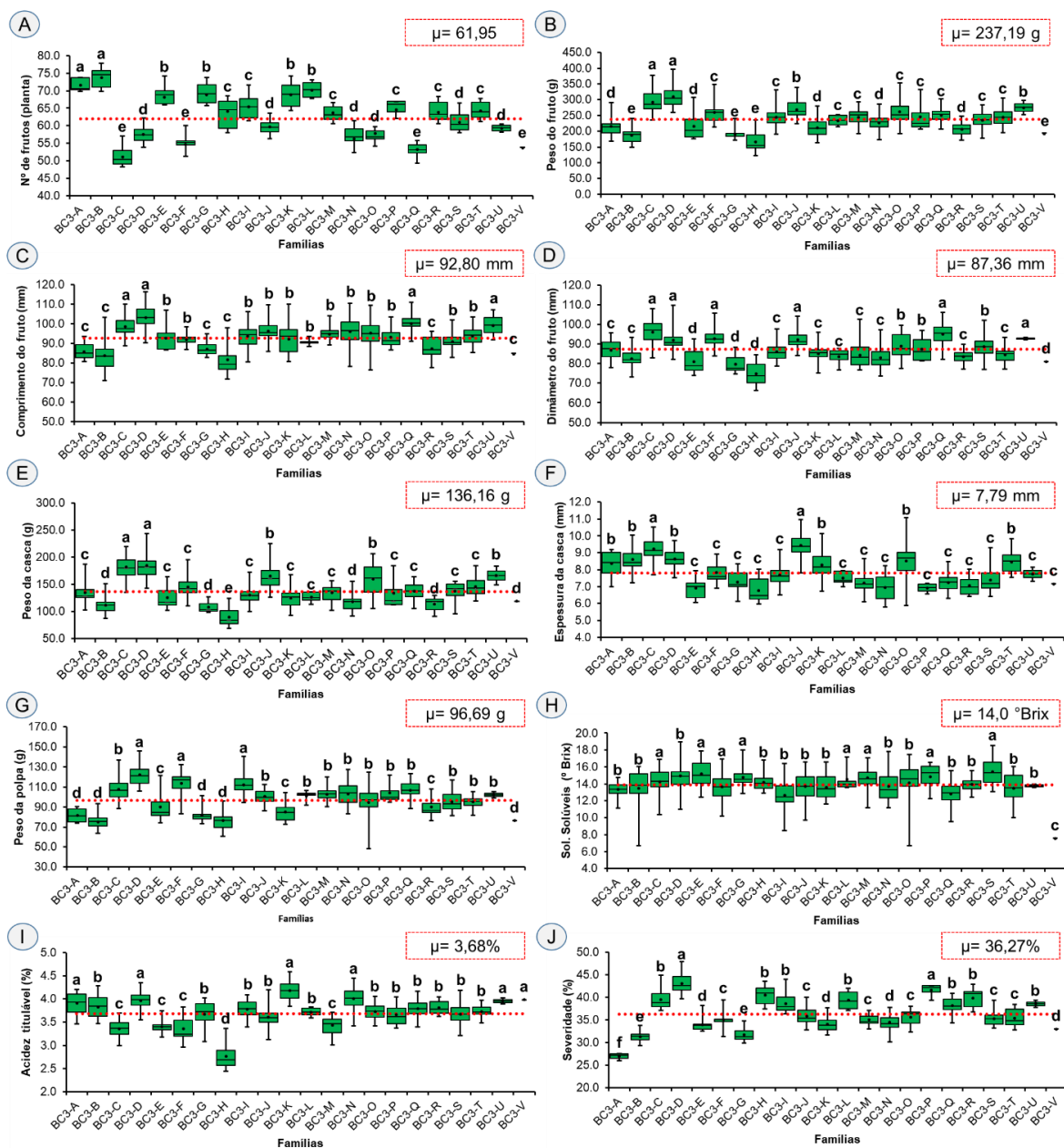
Para a seleção das famílias e progênies RC3 mais promissoras utilizou-se os valores genéticos preditos ( $\mu + g$ ) do BLUP (Melhor Preditor Linear Não Viesado) que é livre dos efeitos ambientais (Gomes et al., 2017) e como valor de referência para seleção das famílias foi utilizado a média geral ( $\mu$ ) da população (Figura 4). Em relação ao número de frutos (NF) médio por família, houve variação de 51 (BC3.C) a 74 (BC3.B) frutos planta<sup>-1</sup> com destaque para onze famílias que ficaram com médias superiores à média geral ( $\mu = 62$ ), dentre as quais, BC3.A e BC3.B foram consideradas as mais produtivas com 72 e 74 frutos planta<sup>-1</sup>, respectivamente, seguidas das famílias BC3.E, BC3.G, BC3.K e BC3.L com 70

frutos (Figura 4a). Nas progênies essa variação foi de 48,22 a 78,98 frutos por planta, sendo que 29,80% (n= 109) produziu acima de 66,23 frutos planta<sup>-1</sup> em média, com destaque para as famílias BC3.B e BC3.A que, em respectivo, apresentaram 25 e 14 progênies produzindo na faixa dos maiores intervalos para PF (63,23 – 78,98) (Figura 5a). Esta é uma característica de importância para o melhoramento do maracujazeiro, pois está diretamente associada à capacidade produtiva das plantas (Silva et al., 2009), embora com menor ganho em gerações futuras desta RC3 com a seleção para tal caractere (Tabela 1).

Dentre os atributos de maior valor para o mercado de frutas frescas do maracujazeiro encontra-se o peso do fruto (PF) visto que os consumidores são atraídos por frutos grandes (Negreiros et al., 2007) e, quanto melhor for a sua classificação comercial, maiores os preços de mercado e a rentabilidade para os produtores (Neves et al., 2013). Para esta característica ( $\mu = 237,19$ ), as 22 famílias RC3 apresentaram variação de 167,72 a 311,54 g com destaque para BC3.C (293,82 g) e BC3.D (311,54 g), seguidas de BC3.J (270,08 g) e BC3.U (275,20 g) (Figura 4b). De maneira geral, com exceção da família BC3.H, as demais (21) apresentam médias superiores ao exigido ( $> 170,0$  g) (Figura 4b), tanto para o mercado consumidor, quanto para a indústria do suco processado (Cavichioli, et al., 2008). Em relação as 366 progênies RC3, observou-se uma ampla variação para PF (121,99 a 397,01 g), sendo que 17% (n= 61) ficaram dentro da faixa de 290,30 a 397,01 g (Figura 5b). As famílias BC3.C e BC3.D concentraram 17 e 18 progênies, respectivamente, nesse intervalo (Figura 5b) o que as torna interessantes ao PMGM-Embrapa que tem como foco progênies superiores que produzam frutos ( $\geq 200,0$  g). Salienta-se ainda que cerca de 95% (n= 348) das progênies encontram-se acima das exigências dos consumidores e indústrias ( $\geq 170,0$  g) para o PF (Figuras 5b).

Os valores genéticos preditos ( $\mu + g$ ) indicam a possibilidade de altos ganhos com a seleção das progênies das famílias RC3. No estudo de Cruz Neto et al. (2016), as estimativas de  $\mu + g$  revelaram médias de 227,72 a 264,97 g para cinco genótipos híbridos de maracujazeiro amarelo avaliados em três ambientes de produção no Estado da Bahia. No entanto, em nosso estudo as médias preditas foram superiores em 12 famílias (Figura 4b) e na maioria das progênies (Figura 5b). Os valores  $\mu + g$  da população RC3 para PF também foram superiores aos dados fenotípicos de outros grupos que estudam a qualidade do maracujá amarelo

com PF variando de 182,70 a 256,90 g (Cavalcante et al., 2016), 105,0 a 228,0 g (Jesus et al., 2018b), além de frutos abaixo de 170,0 g avaliados em sistema orgânico (Uchôa et al., 2018).



**Figura 4.** Box plots dos valores genotípicos preditos ( $\mu + g$ ) dos caracteres de produção, qualidade de frutos e resistência ao CABMV das famílias da terceira geração de retrocruzamento - RC3 de maracujazeiro. A) Número de frutos, B) Peso dos frutos, C) Comprimento dos frutos, D) Diâmetro dos frutos, E) Peso da casca, F) Espessura da casca, G) Peso da polpa com sementes, H) Sólidos solúveis, I) Acidez titulável e J) Severidade ao CABMV (ID-Virose). Os segmentos de reta vertical (whiskers) representam o valor mínimo e máximo. Ponto no box plot (•)

identifica a média da família. Linha tracejada vermelha (----) identifica a média geral ( $\mu$ ) das progênies de cada caractere.

Frutos de maracujazeiro são bem apreciados pelo consumidor quando apresentam maior comprimento e diâmetro, já que há relação com o maior número de sementes e, por consequência, maior rendimento de suco (Negreiros et al., 2007). Em relação às variáveis CF, DF, PC e EC, de maneira geral, se destacaram as famílias BC3.C, BC3.D, BC3.J e BC3.O com as maiores médias (Figura 4c-f), este fato também evidenciado pelas progênies dentro dessas famílias (Figura 5c-f). A média geral ( $\mu$ ) foi de 92,80 mm (CF), 87,36 mm (DF), 136,16 g (PC) e 7,79 mm (EC) (Figura 4c-f). Cavalcante et al. (2016) avaliaram quatro cultivares e três populações de maracujazeiro e encontraram valores fenotípicos variando entre 88,3 e 99,6 mm para CF e de 75,0 a 84,2 mm para DF. Na RC3, 28,70% (n = 105) das progênies foram superiores para CF com frutos maiores variando 98,00 a 116,67 mm, destacando-se as famílias BC3.D (n = 21), BC3.C (n = 17) e BC3.Q (n = 16) (Figura 5c). Quanto ao DF, 29,80% (n = 109) das progênies RC3 ficaram entre 91,59 mm até 109,69 mm, destacou-se além das famílias anteriores, a BC3.J (Figura 5d).

Para peso da casca (PC), as famílias RC3 apresentaram variação de 88,57 g para BC3.H e 184,51 g para BC3.D, com oito delas exibindo médias acima da geral ( $\mu = 136,16$  g) (Figura 4e). Nas progênies, 19% (n = 69) apresentaram médias acima de 171,33 g para PC, sendo 24 pertencentes à família BC3.C e 19 à BC3.D (Figura 5e). Entre a população houve variação para PC de 68,94 a 243,44 g, sendo que 131 progênies (36%) estão abaixo de 127,07 g (Figura 5e) e da média geral ( $\mu = 136,16$  g) (Figura 4e). Quanto a avaliação da espessura da casca (EC) as médias variaram de 6,92 a 9,42 para as famílias RC3, sendo que 14 delas ficaram abaixo de 7,79 mm (Figura 4f). Entre as progênies, os valores oscilaram entre 5,81 a 11,09 mm e 24,04% (n = 88) apresentaram médias acima de 8,91 mm para EC, com destaque para BC3.C (n = 25), BC3.J (n = 24) e BC3.D (n = 9) (Figura 5f). Outros 50,27% (n = 184) da população, porém, exibiu cascas menos espessas com valores preditos abaixo de 8,01 mm (Figura 5f). Greco et al. (2014) avaliaram 32 genótipos de maracujazeiro amarelo e 29 deles exibiram valores superiores à média obtida pelas famílias RC3 para EC (> 7,79 mm), evidenciando a possibilidade de selecionar progênies que apresentem frutos grandes com cascas menos espessas



como na família BC3.D onde apenas nove apresentaram cascas acima de 8,91 mm (Figura 5f).

A característica EC também é bastante variável, sobretudo pela natureza genética dos materiais avaliados, a exemplo da análise de acessos de germoplasma, na qual se observaram valores variando de 6,06 a 7,99 mm (Freitas et al., 2011) e de 5,73 a 9,91 para 41 genótipos de maracujazeiro amarelo (Neves et al., 2013). De acordo com Freitas et al. (2011) há preferência por menores proporções de casca no maracujazeiro, no entanto, genótipos com essa característica tendem a apresentar menor PF. No entanto, para frutas de mesa (*in natura*) é interessante que a casca seja mais espessa para evitar danos pós-colheita causados pelo transporte (Cavalcante et al., 2016). Desta forma, deve-se buscar equilíbrio entre PC, EC, PF e rendimento de suco.

O peso do fruto (PF) está correlacionado positivamente como o PC e a EC que é inversamente proporcional ao rendimento de polpa (Morgado et al., 2010; Oliveira et al., 2011; Alves et al., 2012). A relação direta do PF com PC e EC foi observada na população RC3, porém associado a um alto rendimento de polpa (PPS) de 40,76% com base nas médias de PF e PPS (Tabela 1). Onze famílias exibiram peso da polpa com sementes (PPS) acima da média geral ( $\mu = 96,69$  g) com destaque para BC3.D, BC3.F e BC3.I com 121,92, 113,57 e 112,18 g, respectivamente, seguidas das famílias BC3.C, BC3.J, BC3.L, BC3.M, BC3.N, BC3.P, BC3.Q e BC3.U com médias  $\geq 100,0$  g (Figura 4g). Entre as progênies houve uma variação para PPS de 48,31 a 146,01 g sendo que 125 delas (34,15%) apresentaram valores acima de 105,31 g com destaque para BC3.D ( $n = 28$ ), BC3.I ( $n = 22$ ) e BC3.C ( $n = 20$ ) que reuniram maior número de progênies (Figura 5g). Esta tendência também foi observada por Cruz Neto et al. (2016) em híbridos de maracujazeiro amarelo avaliados em três ambientes. Os autores corroboram com a possibilidade de ganhos em rendimento de suco nessas situações com maiores PC e EC, especialmente quando altas herdabilidades estão associadas (Tabela 1).

Quanto as variáveis químicas, as famílias RC3 apresentaram, de modo geral, poucas diferenças. Em relação a sólidos solúveis (SS), com exceção de BC3.V, as médias das famílias variaram de 12,66 a 15,43 °Brix, já para acidez titulável (AT) de 2,76 a 4,18% (Figura 4h-i). Essa variação pouco expressiva entre as famílias, no entanto, confirma a baixa variabilidade genética observada para tais características na população RC3 (Tabela 1). Outros estudos com maracujá

amarelo também apresentaram pouca variação para SS e AT considerando dados fenotípicos como em Jesus et al. (2018b) (13,2 a 15,0 °Brix e 4,75 a 5,42%), em respectivo e genotípicos como em Cruz Neto et al. (2016) (12,68 a 13,41 °Brix e 3,45 a 4,20%).

As características SS e AT estão fortemente relacionadas às propriedades organolépticas para as mais diversas fruteiras (Mditshwa et al., 2017), na conservação de produtos frescos e industrializados, porque os torna mais resistentes à deterioração por micro-organismos e permite maior flexibilidade na adição de açúcar (Dell'ort Morgado et al., 2010; Araújo et al., 2017). No caso do maracujazeiro amarelo ou azedo, são esperados altos valores de SS (>11 °Brix) e AT (> 2,50%) (Brasil, 2003). Para esses critérios destacaram-se 325 progênies para SS e 365 para AT (Figura 5h-i). Cerca de 52,45% (n = 192) das progênies RC3 ficaram acima de 13,88 °Brix destacando-se as famílias BC3.C (n= 24), BC3.D (n = 21) e BC3.J (n = 15) (Figura 5h), demonstrando seu potencial tanto para o mercado de frutas frescas quanto da indústria do suco processado (Neves et al., 2013). Em relação a AT, 13% (n = 43) da população RC3 apresentou frutos com a acidez abaixo de 3,32%, sendo a maioria das progênies pertencentes às famílias BC3.C (n = 12) e BC3.H (n = 15), constituindo frutos menos ácidos e preferíveis ao mercado *in natura* (Figura 5i).

As características físicas e químicas de fruto são de grande importância na divulgação e aceitação de uma cultivar (Cavichioli et al., 2011; Jesus et al., 2017; Faleiro et al., 2019). As cultivares de maracujá amarelo são suscetíveis a diversas doenças, desta forma é relevante que além da qualidade dos frutos, estes materiais apresentem resistência ou tolerância a doenças para que a cultura volte a produzir por mais de um ano (Garcêz et al., 2015). Entre as doenças, a virose do endurecimento dos frutos (CABMV) é a mais expressiva, pois compromete qualitativa e quantitativamente a produção de maracujá nos principais polos do Brasil (Cerqueira-Silva et al., 2014).

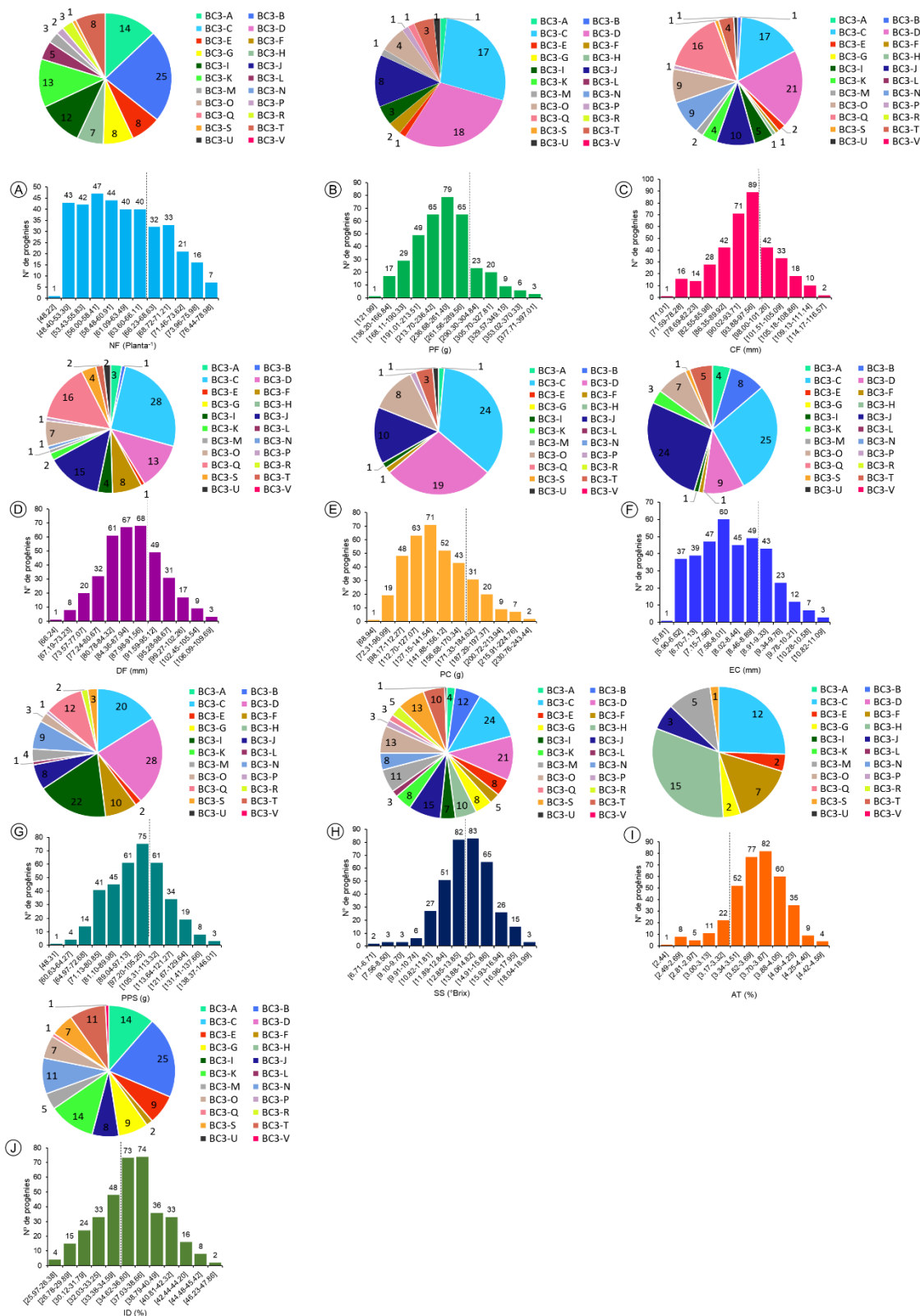
A população RC3 em estudo apresentou média geral de  $\mu = 36,27\%$  em relação a severidade ao CABMV, sendo que entre as famílias destacou-se BC3.A com a menor severidade com base no valor genotípico (ID = 26,93%), seguida por BC3.B (31,24%) e BC3.G (31,72%) que foram consideradas moderadamente resistentes. As demais famílias (n= 19) foram classificadas como suscetíveis, variando de 32,99% (BC3.V) a 43,05% (BC3.D) (Figura 4j). Entre as progênies,

observou-se que houve variação para ID de 25,97 a 47,86%, sendo que 124 progênies (34%) apresentaram severidades abaixo de 34,59% com a maioria sendo representadas pelas famílias BC3.B (n = 25), BC3.A e BC3.K (n = 14, cada) (Figura 5j). Dentre elas, salienta-se que 43 progênies (11,7% da população) foram consideradas moderadamente resistentes (MR) ao CABMV, com ID variando de 25,97 a 31,79% (com destaque para 10 progênies da BC3.A, 19 da BC3.B e 6 da BC3.G). As demais foram classificadas como suscetíveis (S) (ID de 32,03 a 47,86%) (Figura 5j). Tais resultados podem ser explicados considerando que cerca de 93,75% do genoma da população RC3 é correspondente ao genitor recorrente *P. edulis* como observado nos caracteres da planta, flores e frutos (Figura 6). Por se tratar de uma espécie suscetível ao CABMV (Gonçalves et al., 2018; Santos et al., 2019a, b, c), a utilização dos acessos de maracujá amarelo como parentais contribui com uma menor variabilidade genética para este caráter (Tabela 1).

Salienta-se, no entanto, que embora tenham sido consideradas suscetíveis ao CABMV em sua maioria, com base na escala utilizada, a população RC3 não teve sua produção ou qualidade de frutos afetadas (Figuras 4-6), o que demonstra tolerância das progênies avaliadas para a virose do endurecimento dos frutos. Do mesmo modo, a suscetibilidade observada não aponta para o insucesso na transferência dos genes de resistência identificado no genitor doador (*P. cincinnata*), mas sim para sua perda ao longo dos retrocruzamentos, associada ao doador recorrente (*P. edulis*) utilizado. Além disso, a herança poligênica do caráter (Santos et al., 2019a) dificulta a transferência de todos os alelos de interesse e assim a resistência atribuída pelo parental silvestre pode ser perdida com os ciclos de retrocruzamentos (Junqueira et al., 2005).

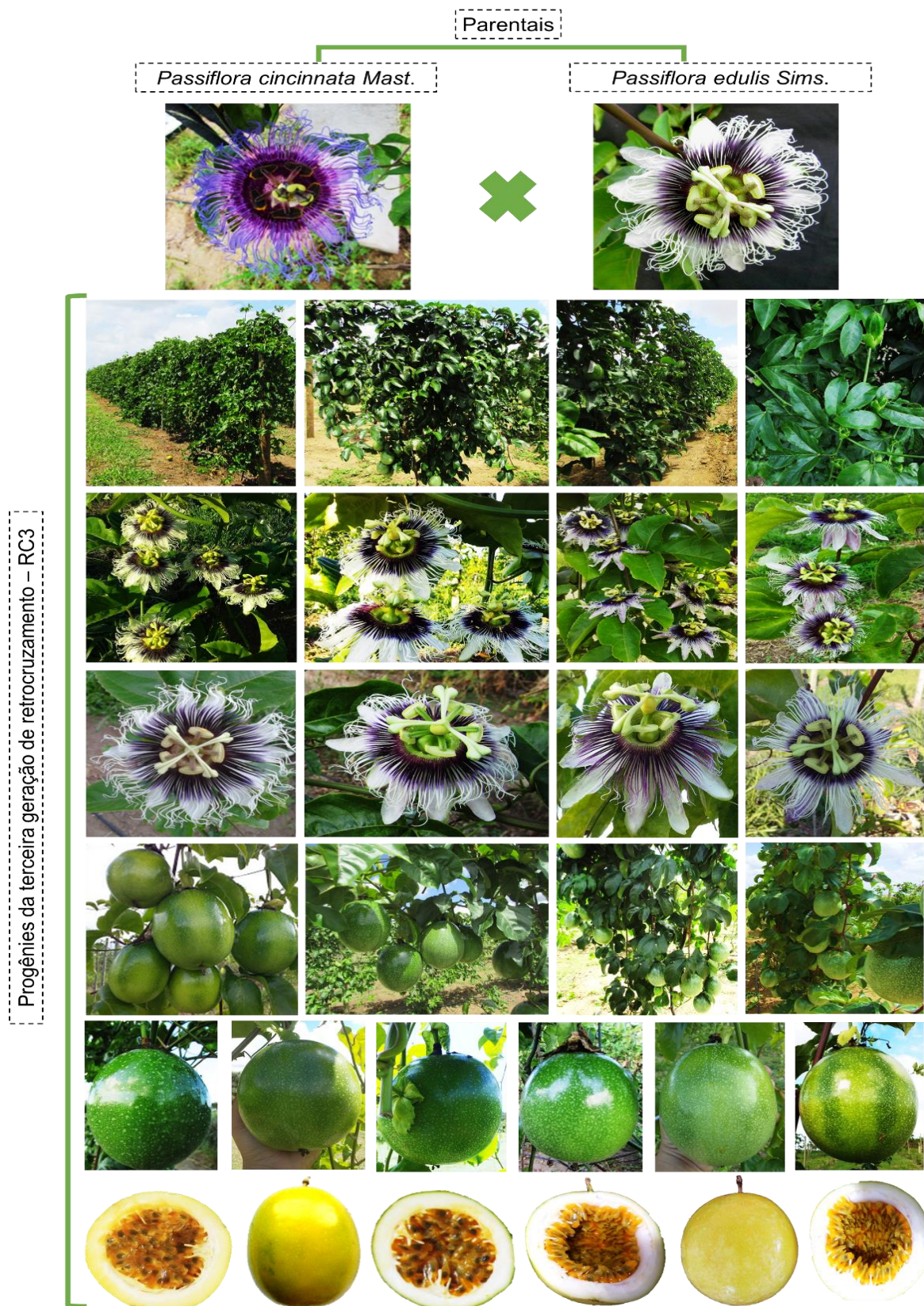
De modo geral, as famílias BC3.C e BC3.D destacaram-se para a maioria dos caracteres avaliados, o que demonstra que as progênies que as compõem apresentam alta possibilidade de serem selecionadas, especialmente em relação a qualidade dos frutos (Figuras 4 e 5). Entretanto, para o número de frutos e a severidade ao CABMV, estas famílias não foram superiores (Figuras 4; 5a-j). Em nosso estudo, a redução na produção de frutos observada nestas famílias pode estar associada diretamente ao maior peso do fruto apresentado (293,82 e 311,54 g), respectivamente (Figura 4b), maior comprimento e diâmetro do fruto e espessura da casca (Figura 4c-f), já que esses caracteres se correlacionam

negativamente com o número de frutos (Freitas et al., 2011; Viana et al., 2003; Gonçalves et al., 2008).



**Figura 5.** Histograma dos valores genotípicos preditos ( $\mu + g$ ) dos caracteres dos frutos e das plantas indicando o número de progênies para cada classe. A) Número de frutos (NF), B) Peso dos frutos (PF), C) Comprimento dos frutos (CF), D) Diâmetro dos frutos (DF), E) Peso da casca (PC), F) Espessura da casca (EC), G) Peso da polpa com sementes (PPS), H) Sólidos solúveis (SS), I) Acidez titulável (AT) e J) Severidade ao CABMV (ID-Virose %). Os gráficos de pizza acima do histograma indicam o número de progênies pertencentes à cada família RC3 que se enquadram nas cinco (linha pontilhada) maiores classes para NF, PF, CF, DF, PC, EC, PPS e SS e para as cinco menores classes para AT e ID (%). Cada família é identificada com uma cor no gráfico de pizza.

Os parâmetros e valores genotípicos preditos apresentados revelaram que esta população segregante exhibe famílias e progênies passíveis de seleção e que as características fenotípicas observadas em campo, de modo geral, apresentam alto controle genético. Ou seja, o vigor, produção e qualidade de frutos oriundos de *P. edulis* e a tolerância ao CABMV introgridas por *P. cincinnata* (Figura 6) podem ser herdados.

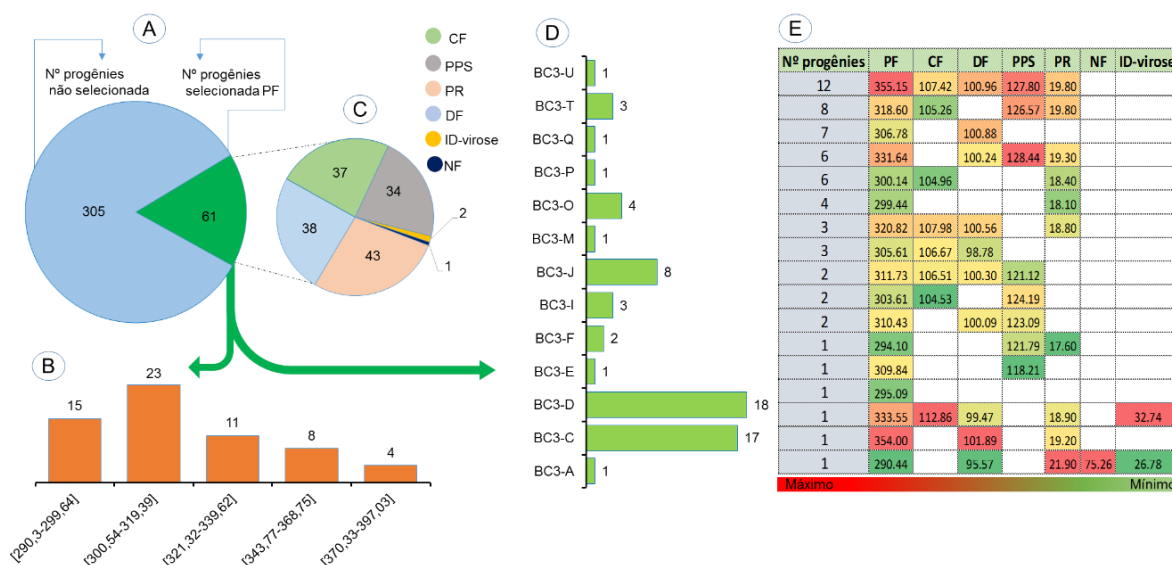


**Figura 6.** Características morfológicas das plantas e dos frutos das progênes da terceira geração dos retrocruzamentos – RC3 [(*P. cincinnata* x *P. edulis*) x *P. edulis*] de maracujazeiro.

Para a obtenção de materiais genéticos superiores, é necessário que estes reúnam uma série de atributos favoráveis capazes de satisfazer as exigências do consumidor e do produtor (Cruz; Carneiro, 2006). Em relação ao maracujazeiro amarelo, variáveis como PF devem ser acompanhadas pelo maior rendimento de polpa, dimensões (CF e DF) e NF que, em conjunto, garantirão maior produtividade (Oliveira et al., 2008). Considerando as progênes com PF variando de 290,30 a 397,03 g, destacaram-se 61 (17% da população avaliada) (Figura 7a) e destas, a maioria (46 progênes ou 75,4%) produziu frutos acima de 300,54 g (Figura 7b). Estas progênes também se destacaram, em diferentes proporções, para outros seis caracteres como produtividade por planta - PR (43 progênes), diâmetro do fruto - DF (38), comprimento do fruto - CF (37), peso da polpa com sementes - PPS (34), ID-virose (2) e número de frutos - NF (1) (Figura 7c). A maioria das progênes pertence as famílias BC3.C e BC3.D com 17 (28,0%) e 18 (29,5%) progênes, respectivamente (Figura 7d).

Dentre as 61 progênes, 12 apresentaram médias altas para as variáveis PF, CF, DF, PPS e PR, sendo cinco da família BC3.D (BC3.132; BC3.150; BC3.165; BC3.166 e BC3.167); três da BC3.C (BC3.95; BC3.114 e BC3.118); uma da BC3.I (BC3.312); uma da BC3.P (BC3.604) e uma da BC3.O (BC3.571) (Figura 7e). A progêne BC3.20 da família BC3.A com peso de fruto de 290,44 g destacou-se para os caracteres DF, PR, NF e ID-Virose (Figura 7e), sendo também interessante para seleção, pois apresentou menor severidade ao CABMV e outros atributos do fruto.

As 61 progênes apresentaram resultados mais expressivos aos encontrados por outros autores (Nascimento et al., 2003, Hafle et al., 2009, Freitas et al., 2011, Santos et al., 2015a; Jesus et al., 2016b; Santos et al., 2017), em especial para PF. Em relação a produtividade, observou-se que as progênes ranqueadas para esta característica estão acima da média nacional (14,10 t ha<sup>-1</sup>) (IBGE, 2020), confirmando o potencial genético e agrônômico destes materiais oriundos de retrocruzamento para serem utilizados como parentais superiores visando transmissão de alelos favoráveis para as características citadas (Borges et al., 2010).



**Figura 7.** Infográfico da etapa de seleção das progênes RC3 com base no peso do fruto (PF) e outros caracteres agrônômicos. A) Seleção das melhores progênes para PF; B) Histograma da distribuição das 61 progênes em cinco classes para PF; C) Distribuição das progênes selecionadas em relação aos caracteres comprimento (CF), diâmetro (DF), peso da polpa com sementes (PPS), produtividade por planta (PR), número de frutos (NF) e severidade da virose (ID-Virose); D) Distribuição das progênes selecionadas por família; E) Agrupamento das 61 progênes selecionadas com base nos melhores ranques para sete caracteres agrônômicos. Os valores ( $\mu + g$ ) na tabela correspondem às médias das progênes. As cores nas médias estão relacionadas com base nos valores mínimos e máximos observados.

A população de maracujazeiro RC3 [(*P. edulis* x *P. cincinnata*) x *P. edulis*] demonstrou variabilidade para a maioria dos caracteres avaliados (Figura 4-6), especialmente em relação a qualidade dos frutos, sugerindo que são materiais altamente promissores e superam híbridos e cultivares avaliadas por diferentes grupos (Neves et al., 2013; Greco et al., 2014; Assunção et al., 2015; Santos et al., 2015a; Jesus et al., 2016a). A presença de famílias e progênes com severidade moderada ao CABMV também indica que alelos de resistência do *P. cincinnata* (Oliveira et al., 2013; Gonçalves et al., 2018) foram introgrididos. Além desta,



outras características apresentadas pelo parental doador devem ser investigadas na população como por exemplo precocidade e florescimento prolongado (Soares et al., 2013; Siebra et al., 2018) e tolerância à seca (Souza et al., 2018), já que se trata de uma espécie oriunda do Semiárido nordestino (Araújo et al., 2008) onde há sérias restrições em relação a escassez de água para irrigação.

Com base nos caracteres da planta e frutos (Figura 4-6), o genoma do parental recorrente *P. edulis* já foi recuperado na RC3 e as plantas dessa geração não carregam mais características indesejáveis do genitor doador (*linkage drag*). Assim, como estratégia, as progênies elites de cada família serão clonadas e/ou recombinadas (misturas de pólen das plantas elites) visando manutenção das famílias para que posteriormente cruzamentos dentro e entre famílias sejam realizados para gerar os híbridos das progênies elites.

É importante frisar que a avaliação foi realizada nas condições do Recôncavo Baiano, sendo imprescindível avaliar as melhores progênies elites nos polos de produção onde as características climáticas são diferentes das de Cruz das Almas-BA. Pois, para ter sucesso na seleção e identificação de genótipos promissores é essencial avaliar o desempenho agrônômico e a interação genótipo por ambiente (GxE) que reflete em comportamento diferenciado dos indivíduos nos diferentes locais de avaliação (Cruz Neto et al., 2016).

## **Conclusões**

1. A variância fenotípica foi explicada pela variância genética aditiva para as características PF, CF, DF, PC e PPS com valores de herdabilidade no sentido restrito de média e alta magnitudes;
2. A maioria das famílias e progênies foram suscetíveis à virose do endurecimento dos frutos;
3. As famílias BC3.A, BC3.B e BC3.G e 43 progênies apresentaram resistência moderada ao CABMV, porém este caractere apresentou baixa herdabilidade;
4. As famílias BC3.C e BC3.D destacaram-se em relação a maioria dos caracteres de frutos e as progênies que as compõem apresentam alta possibilidade de seleção;

5. Das 61 progênies selecionadas para maior peso de fruto, doze destacaram-se para PF, CF, DF, PPS e PR e uma para PF, DF, PR, NF e ID-Virose, que podem ser selecionadas para recombinação e testes em área de produção;

### Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pela concessão da Bolsa da primeira autora. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro (Processo 421033/2018-5) e à Embrapa Mandioca e Fruticultura por fornecer materiais vegetais, experimentais e suporte técnico e financeiro (MP 22.16 .04.007.00.00).

### Referências

- ALVES, R. B.; SALOMÃO, L. C. C.; SIQUEIRA, D. L.; CECON, P. R.; SILVA, D. F. P. Relações entre características físicas e químicas de frutos de maracujazeiro-doce cultivado em Viçosa-MG. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 2, p. 619-623, 2012.
- ARAÚJO, F. P. D.; SILVA, N. D.; QUEIROZ, M. A. D. Genetic divergence among *Passiflora cincinnata* Mast. accessions based on morphoagronomic descriptors. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 3, p. 723-730, 2008.
- ARAUJO, L. D. S.; COSTA, E. M. R.; SOARES, T. L.; SANTOS, I. S.; JESUS, O. N. Effect of time and storage conditions on the physical and physico-chemical characteristics of the pulp of yellow and purple passion fruit. **Food Science and Technology**, v. 37, n. 3, p. 500-506, 2017.
- ASSUNÇÃO, M. P.; KRAUSE, W.; DALLACORT, R.; DOS SANTOS, P. R. J.; NEVES, L. G. Seleção individual de plantas de maracujazeiro azedo quanto à qualidade de frutos via REML/BLUP. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 2, p. 57-63, 2015.
- ATROCH, A. L.; NASCIMENTO, F.; RESENDE, M. D. V. Simultaneous genetic selection of guarana progenies for yield, adaptability and temporal stability. **Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 56, n. 4, p. 347-352, 2013.
- BERNACCI, L. C.; SOARES-SCOTT, M. D.; JUNQUEIRA, N. T. V.; PASSOS, I. R. D. S.; MELETTI, L. M. M. *Passiflora edulis* Sims: the correct taxonomic way to cite the yellow passion fruit (and of others colors). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 2, p. 566-576, 2008.
- BORGES, V.; FERREIRA, P. V.; SOARES, L.; SANTOS, G. M.; SANTOS, A. M. M. Seleção de clones de batata-doce pelo procedimento REML/BLUP. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 4, p. 643-649, 2010.

BRASIL. **Ministério da agricultura e do abastecimento**. Instrução normativa nº 12 de 4 de setembro de 2003. Diário Oficial, Brasília, seção 1 p. 72-76, 2003.

CARMO, T. V. B.; MARTINS, L. S. S.; MUSSER, R. D. S.; SILVA, M. M. D.; SANTOS, J. P. O. Genetic diversity in accessions of *Passiflora cincinnata* Mast. based on morphoagronomic descriptors and molecular markers. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 1, p. 68-77, 2017.

CAVALCANTE, N. R.; KRAUSE, W.; CARVALHO, J. F. D.; ROCHA, M. K. P.; PALU, E. G.; SILVA, C. A. Productivity, fruit physicochemical quality and distinctiveness of passion fruit populations. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n. 4, 2016.

CAVALCANTE, N. R.; KRAUSE, W.; VIANA, A. P.; SILVA, C. A.; PORTO, K. K. X.; MARTINEZ, R. A. S. Anticipated selection for intrapopulation breeding of passion fruit. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 39, n. 2, p. 143-148, 2017.

CAVALCANTE, N. R.; VIANA, A. P.; SANTOS, P. R. D.; PREISIGKE, S. D. C.; RIBEIRO, R. M.; TOFANELLI, E. J. Associations among production and physicochemical quality fruit traits in Passion fruit populations subjected to three cycles of intrapopulation recurrent selection. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 5, 2018.

CAVALCANTE, N. R.; VIANA, A. P.; ALMEIDA FILHO, J. E.; PEREIRA, M. G.; AMBRÓSIO, M.; SANTOS, E. A.; SOUSA, C. M. B. Novel selection strategy for half-sib families of sour passion fruit *Passiflora edulis* (Passifloraceae) under recurrent selection. **Genet. Mol. Res.**, v. 18, p. 1-11, 2019.

CAVICHIOLO, J. C.; RUGGIERO, C.; VOLPE, C. A. Caracterização físico-química de frutos de maracujazeiro amarelo submetidos à iluminação artificial, irrigação e sombreamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, n.3, p. 649-656, 2008.

CAVICHIOLO, J. C.; CORRÊA, L.; CONCEIÇÃO B.; SANTOS, P. C. Características físicas e químicas de frutos do maracujazeiro-amarelo enxertado em três porta-enxertos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 905-914, 2011.

CAVICHIOLO, J. C.; KASAI, F. S.; NASSER, M. D. Productivity and physical characteristics of fruits of *Passiflora edulis* grafted *Passiflora gibertii* in different planting densities. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36 n. 1, p. 243-247, 2014.

CERQUEIRA-SILVA, C. B. M.; MOREIRA, C. N.; FIGUEIRA, A. R.; CORRÊA, R. X.; OLIVEIRA, A. C. Detection of a resistance gradient to Passion fruit woodiness virus and selection of 'yellow' passion fruit plants under field conditions. **Genetics and Molecular Research**, v. 7, p. 1209-1216, 2008.

CERQUEIRA-SILVA, C. B.; SANTOS, E. S.; SOUZA, A. M.; MORI, G. M.; OLIVEIRA, E. J.; CORRÊA, R. X.; SOUZA, A. P. Development and characterization of microsatellite markers for wild *Passiflora cincinnata* (*Passifloraceae*) in South America. **American journal of botany.**, v. 99 n. 4, p.170-172, 2012.

CERQUEIRA-SILVA, C. B. M.; CONCEIÇÃO, L. D. H. C. S.; SOUZA, A. P.; CORRÊA, R. X. A history of passion fruit woodiness disease with emphasis on the current situation in Brazil and prospects for Brazilian passion fruit cultivation. **European journal of plant pathology**, v. 139, n. 2, p. 261-270, 2014.

CHAGAS, K.; ALEXANDRE, R. S.; SCHMILDT, E. R.; BRUCKNER, C. H.;

FALEIRO, F. G. Divergência genética em genótipos de maracujazeiro azedo, com base em características físicas e químicas dos frutos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 3, p. 524-531, 2016.

COELHO, M. D. S. E.; ANDRADE, K. C. B.; ARAÚJO, F. P.; MELO, N. F. Cytogenetic characterization of the *Passiflora edulis* Sims × *Passiflora cincinnata* Mast. interspecific hybrid and its parents. **Euphytica**, v. 210, n. 1, p. 93-104, 2016.

CORDEIRO, M. H. M.; ROSADO, R. D. S.; LUNA, A. G. S.; CREMASCO, J. P. G.; SANTOS, C. E. M.; BRUCKNER, C. H. Estimates of Genetic Parameters and Selection Strategies in F1 Progenies Obtained from Endogamic Lines of Sour Passion Fruit. *Journal of Experimental Agriculture International*, p. 1-9, 2019.

CORREA, M. F.; PINTO, A. P. C.; REZENDE, J. A. M.; HARAKAVA, R.; MENDES, B. M. J. Genetic transformation of sweet passion fruit (*Passiflora alata*) and reactions of the transgenic plants to *Cowpea aphid borne mosaic virus*. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 143, n. 4, p. 813-821, 2015.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2.ed. Viçosa: UFV, 2006. 585p.

CRUZ NETO, A. J.; ROSA, R. C. C.; OLIVEIRA, E. J.; SAMPAIO, S. R.; SANTOS, I. S.; SOUZA, P. U.; PASSOS, A. R.; JESUS, O. N. Genetic parameters, adaptability and stability to selection of yellow passion fruit hybrids. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 16, p. 321-329, 2016.

DELL'ORT MORGADO, M. A.; SANTOS, C. E. M.; LINHALES, H.; BRUCKNER, C. H. Correlações fenotípicas em características físico-químicas do maracujazeiro-azedo. **Acta Agronomica**, v. 59, n. 4, p. 457-461, 2010.

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1987. 279p.

FALEIRO, F. G.; CRUZ, C. D.; CASTRO, C. D.; MOREIRA, M. A.; BARROS, E. G. D. Comparação de blocos casualizados e testemunhas intercalares na estimação de parâmetros genéticos em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 12, p. 1675-1680, 2002.

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; JUNGHANS, T. G.; JESUS, O. N.; MIRANDA, D.; OTONI, W. C. Advances in passion fruit (*Passiflora* spp.) propagation. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, n. 2, 2019.

FARIAS NETO, J. T.; RESENDE, M. D. V.; OLIVEIRA, M. S. P.; NOGUEIRA, O. L.; FALCÃO, P. N. B.; SANTOS, N. S. A. Estimativas de parâmetros genéticos e ganhos de seleção em progênies de polinização aberta de açaizeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.30, n.4, p.051-1056, 2008.

FERREIRA, D. F. Sisvar - a computer statistical analysis system. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, R. T.; VIANA, A. P.; SILVA, F. H. D. L. E.; SANTOS, E. A.; SANTOS, J. O. Intrapopulation recurrent selection in sour passion fruit by mixed models. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.38, n. 1, p. 158-166, 2016.

FISCHER, I. H.; ARRUDA, M. C. D.; ALMEIDA, A. M. D.; GARCIA, M. J. D. M.; JERONIMO, E. M.; PINOTTI, R. N.; BERTANI, R. M. D. A. Doenças e

características físicas e químicas pós-colheita em maracujá amarelo de cultivo convencional e orgânico no centro oeste paulista. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 2, p. 254-259, 2007.

FISCHER, I. H.; REZENDE, J. A. M. Diseases of passion flower (*Passiflora* spp.). **Pest technology**, v. 2, n. 1, p. 1-19, 2008.

FONSECA, K. G.; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BELLON, G.; JUNQUEIRA, K.; SILVA, M.; PEIXOTO, J. R. Resistência de populações RC de maracujazeiro ao vírus do endurecimento dos frutos. In: **Embrapa Cerrados-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. In: ENCONTRO DE JOVENS TALENTOS DA EMBRAPA CERRADOS, 3., 2007, Planaltina, DF. Resumos apresentados. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. p. 84, 2007.

FONSECA, K. G.; FALEIRO, F. G.; PEIXOTO, J. R.; JUNQUEIRA, N. T. V.; JUNQUEIRA, K. P.; SILVA, M. S.; VAZ, C. D. E. F. Análise da recuperação do genitor recorrente em maracujazeiro-azedo por meio de marcadores RAPD. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, p. 145-153, 2009.

FREITAS, J. P. X.; OLIVEIRA, E. J.; CRUZ NETO, A. J.; SANTOS, L. R. D. Avaliação de recursos genéticos de maracujazeiro-amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 9, p. 1013-1020, 2011.

FREITAS, J. P. X.; OLIVEIRA, E. J.; JESUS, O. N.; CRUZ NETO, A. J.; SANTOS, L. R. Formação de população base para seleção recorrente em maracujazeiro-amarelo com uso de índices de seleção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, p.393-401, 2012.

FREITAS, J. C.; VIANA, A. P.; SANTOS, E. A.; SILVA, F. H.; PAIVA, C. L.; RODRIGUES, R.; EIRAS, M. Genetic basis of the resistance of a passion fruit segregant population to *Cowpea aphid-borne mosaic virus* (CABMV). **Tropical Plant Pathology**, v. 40, n. 5, p. 291-297, 2015.

FREITAS, J. C.; PIO VIANA, A.; SANTOS, E. A.; PAIVA, C. L.; SILVA, F. H. L.; AMARAL JUNIOR, A. T.; SOUZA, M. M.; DIAS, V. M. Resistance to *Fusarium solani* and characterization of hybrids from the cross between *P. mucronata* and *P. edulis*. **Euphytica**, v. 208, p. 493-507, 2016a.

FREITAS, J. C. O.; VIANA, A. P.; SANTOS, E. A.; PAIVA, C. L.; SILVA, F. H. D. L.; SOUZA, M. M. Sour passion fruit breeding: Strategy applied to individual selection in segregating population of *Passiflora* resistant to *Cowpea aphid-borne mosaic virus* (CABMV). **Scientia Horticulturae**, v. 211, p. 241-247, 2016b.

GARCÊZ, R. M.; CHAVES, A. L. R.; EIRAS, M.; MELETTI, L. M. M.; AZEVEDO FILHO, J. A.; DA SILVA, L. A.; COLARICCIO, A. Survey of aphid population in a yellow passion fruit crop and its relationship on the spread *Cowpea aphid-borne mosaic virus* in a subtropical region of Brazil. **SpringerPlus**, v. 4, n. 1, p. 537, 2015.

GOMES, V. M.; RIBEIRO, R. M.; VIANA, A. P.; SOUZA, R. M.; SANTOS, E. A.; RODRIGUES, D. L.; ALMEIDA, O. F. Inheritance of resistance to *Meloidogyne enterolobii* and individual selection in segregating populations of *Psidium* spp. **European Journal of Plant Pathology**, v. 148, n. 3, p. 699-708, 2017.

GONÇALVES, G. M.; VIANA, A. P.; NETO, F. V. B.; PEREIRA, M. G.; PEREIRA, T. N. S. Seleção e herdabilidade na predição de ganhos genéticos em maracujá-amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 2, p. 193-198, 2007.

GONÇALVES, G. M.; VIANA, A. P.; REIS, L. S.; BEZERRA NETO, F. V.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; REIS, L. S. Correlações fenotípicas e genético-aditivas em maracujá-amarelo pelo delineamento I. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, p.1413-1418, 2008.

GONÇALVES, Z. S.; LIMA, L. K. S.; SOARES, T. L.; ABREU, E. F. M.; BARBOSA, C. J.; CERQUEIRA-SILVA, C. B. M.; JESUS, O. N.; OLIVEIRA, E. J. Identification of *Passiflora* spp. genotypes resistant to *Cowpea aphid-borne mosaic virus* and leaf anatomical response under controlled conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 231, p. 166-178, 2018.

GRECO, S. M. L.; PEIXOTO, J. R.; FERREIRA, L. M. Physical assessment, and physical chemistry and estimates of genetic parameters 32 genotypes passion fruit sour cultivated in Federal District. **Bioscience Journal**, v. 30, n. Supplement, p. 360-370, 2014.

HAFLE, O. M.; RAMOS, J. D.; LIMA, L. C. D. O.; FERREIRA, E. A. E. C.; MELO, P. C. D. Produtividade e qualidade de frutos do maracujazeiro-amarelo submetido à poda de ramos produtivos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, p. 763-770, 2009.

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Sistema IBGE de recuperação automática – Sidra. Produção agrícola municipal: produção de maracujá no ano de 2018. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>>. Acesso em: 19 de janeiro de 2020.

JESUS, O. N.; SOARES, T. L.; GIRARDI, E. A.; ROSA, R. C. C.; OLIVEIRA, E. J.; CRUZ NETO, A. J.; SANTOS, V. T.; OLIVEIRA, J. R. P. Evaluation of intraspecific hybrids of yellow passion fruit in organic farming. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, p. 2129-2138, 2016a.

JESUS, O. N.; SOARES, T. L.; OLIVEIRA, E. J.; SANTOS, T. C. P.; FARIAS, D. H.; BRUCKNER, C. H.; NOVAES, Q. S. Dissimilarity based on morphological characterization and evaluation of pollen viability and in vitro germination in *Passiflora* hybrids and backcrosses. **Acta horticulturae**, v. 1127, p. 401-408, 2016b.

JESUS, O. N.; OLIVEIRA, E. J.; FALEIRO, F. G.; SOARES, T. L.; GIRARDI, E. A. **Illustrated morpho-agronomic descriptors for *Passiflora* spp.** Brasília, DF: Embrapa, 2017. 122p.

JESUS, O. N.; MACHADO, C. F.; JUNGHANS, T. G.; GIRARDI, E. A.; FALEIRO, F. G.; ROSA, R. C. C.; SOARES, T. L.; LIMA, L. K. S.; SANTOS, I. S.; SAMPAIO, S. R.; AGUIAR, F.S.; GONÇALVES, Z. S. Recursos Genéticos de *Passifloras* L. en Embrapa: pre-mejoramiento y mejoramiento genético. In: MORERA, M. P.; MORERA, A. M. C.; FALEIRO, F. G.; CARLOSAMA, A. R.; CARRANZA, C. (Org.). **Maracuyá: de los recursos genéticos al desarrollo tecnológico**. Brasília-DF: Prolimpres, 2018a, v. 1, p. 17-42.

JESUS, C. A. S.; CARVALHO, E. V.; GIRARDI, E. A.; ROSA, R. C. C.; JESUS, O.

N. Fruit quality and production of yellow and sweet Passion fruits in northern state of São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 2, 2018b.

JUNG, M. S.; VIEIRA, E. A.; BRANCKER, A.; NODARI, R. O. Heritability and genetic gain in fruit of sweet passion fruit characters. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 1, p. 209-214, 2008.

JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F.; FALEIRO, F. G.; PEIXOTO, J. R.; BERNACCI, L. C. Potencial de espécies silvestres de maracujazeiro como fonte de resistência a doenças. In: FALEIRO F. G.; JUNQUEIRA, N.T.V.; BRAGA M. F. (Eds.), **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, p.81-108, 2005.

LAVIOLA, B. G.; TEODORO, P. E.; PEIXOTO, L. A.; BHERING, L. L. Parental selection in diallel crosses of *Jatropha curcas* using mixed models. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 40, p. 1-7, 2018.

LIMA, A. A.; BORGES, A. L.; FANCELI, M.; CARDOSO, C. E. L. Maracujá: sistema de produção convencional. In: PIRES, M. M.; SÃO JOSÉ, A. R.; CONCEIÇÃO, A. O. (Org.). **Maracujá: avanços tecnológicos e sustentabilidade**. Ilhéus: Editus, 2011. 238p.

LIMA, L. K. S.; JESUS, O. N.; SOARES, T. L.; OLIVEIRA, S. A. S.; HADDAD, F.; GIRARDI, E. A. Water deficit increases the susceptibility of yellow passion fruit seedlings to *Fusarium* wilt in controlled conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 243, p. 609-621, 2019.

MACIEL, S. D. C.; NAKANO, D. H.; REZENDE, J. A. M.; & VIEIRA, M. L. C. Screening of *Passiflora* species for reaction to *Cowpea aphid-borne mosaic virus* reveals an immune wild species. **Scientia Agricola**, v. 66, n. 3, p. 414-418, 2009.

MCKINNEY, H. H. Influence of soil temperature and moisture on infection of wheat seedlings by *Helminthosporium sativum*. **Journal of Agricultural Research**, v. 26, p. 195-218, 1923.

MDITSHWA, A.; MAGWAZA, L. S.; TESFAY, S. Z.; MBILI, N. Postharvest quality and composition of organically and conventionally produced fruits: A review. **Scientia Horticulturae**, v. 216, p. 148-159, 2017.

MELETTI, L. M. M. Avanços na cultura do maracujá no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. SPE1, p. 83-91, 2011.

MONTEIRO-HARA, A. C.; JADÃO, A. S.; MENDES, B. M.; REZENDE, J. A.; TREVISAN, F.; MELLO, A. P. O.; PIEDADE, S. M. Genetic transformation of passionflower and evaluation of R1 and R2 generations for resistance to Cowpea aphid borne mosaic virus. **Plant disease**, v. 95, n. 8, p. 1021-1025, 2011.

MORGADO, M. A. D.; SANTOS, C. E. M.; LINHALES, H.; BRUCKNER, C. H. Correlações fenotípicas em características físico-químicas do maracujazeiro-azedo. **Acta Agronômica**, v.59, p.457-461, 2010.

MOURA, R. S.; SOARES, T. L.; LIMA, L. K. S.; GHEYI, H. R.; JESUS, O. N.; COELHO FILHO, M. A. Salinity-induced changes in biometric, physiological and anatomical parameters of *Passiflora edulis* Sims plants propagated by different methods. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 10, p. 01-15, 2019.

NASCIMENTO, O. M. M.; TOMÉ, A. T.; OLIVEIRA, M. S. P.; MÜLLER, C. H.; CARVALHO, J. E. U. Seleção de progênies de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* f. *Favicarpa*) quanto à qualidade do fruto. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, p. 186-188, 2003.

NASCIMENTO, A. V. S.; SOUZA, A. R. R.; ALFENAS, P. F.; ANDRADE, G. P.; CARVALHO, M.G.; PIO-RIBEIRO, G.; ZERBINI, F. M. Análise filogenética de *potyvirus* causando endurecimento dos frutos do maracujazeiro no Nordeste do Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, p. 378-383, 2004.

NEGREIROS, J. R. S.; ARAÚJO NETO, S. E.; ÁLVARES, V. S.; LIMA, V. A.; OLIVEIRA, T. K. Caracterização de frutos de progênies de meios irmãos de maracujazeiro amarelo em Rio Branco – Acre. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v.30, p.431-437, 2007.

NEVES, C. G.; JESUS, O. N.; LEDO, C. A. D. S.; OLIVEIRA, E. J. Agronomic evaluation of parental and hybrid of yellow passion fruit. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 1, p. 191-198, 2013.

NOVAES, Q. S.; REZENDE, J. A. M. Possível aplicação do DAS-ELISA indireto na seleção de maracujazeiro tolerante ao “*Passionfruit Woodiness Virus*”. **Fitopatologia Brasileira**, v. 24, p. 76-79, 1999.

OCAMPO, J.; ARIAS, J. C.; URREA, R. Interspecific hybridization between cultivated and wild species of genus *Passiflora* L. **Euphytica**, v. 209, n. 2, p. 395-408, 2016.

OCAMPO, J. P.; D’EECKENBRUGGE, G. C. Morphological characterization in the genus *Passiflora* L.: an approach to understanding its complex variability. **Plant Systematics and Evolution**, v. 303, n. 4, p. 531-558, 2017.

OLIVEIRA, E. J.; SANTOS, V. S.; LIMA, D. S.; MACHADO, M. D.; LUCENA, R. S.; MOTTA, T. B. N.; CASTELLEN, M. S. Seleção em progênies de maracujazeiro-amarelo com base em índices multivariados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.1543-1549, 2008.

OLIVEIRA, E. J.; SANTOS, V. D. S.; LIMA, D. S.; MACHADO, M. D.; LUCENA, R. S.; MOTTA, T. B. N. Estimativas de correlações genotípicas e fenotípicas em germoplasma de maracujazeiro. **Bragantia**, v. 70, n. 2, p. 255-261, 2011.

OLIVEIRA, E. J.; SOARES, T. L.; BARBOSA, C. J.; SANTOS-FILHOS, H. P.; JESUS, O. N. Severidade de doenças em maracujazeiro, para identificação de fontes de resistência em condições de campo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, p. 485-492, 2013.

PAIVA, C. L.; VIANA, A. P.; SANTOS, E. A.; FREITAS, J. C. D. O.; SILVA, R. N. O.; OLIVEIRA, E. J. Genetic variability assessment in the genus *Passiflora* by SSR markers. **Chilean journal of agricultural research**, v. 74, n. 3, p. 355-360, 2014.

PAULA, M. D. S.; FONSECA, M. D. N.; BOITEUX, L. S.; PEIXOTO, J. R. Caracterização genética de espécies de *Passiflora* por marcadores moleculares análogos a genes de resistência. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, p. 222-229, 2010.

RAMAIYA, S. D.; BUJANG, J. S.; ZAKARIA, M. H. Genetic diversity in *Passiflora*



species assessed by morphological and ITS sequence analysis. **The Scientific World Journal**, v. 2014, 2014.

RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, 2002. 975p.

RESENDE, M. D. V. **SELEGEN-REML/BLUP: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 359p.

RESENDE, M. D. V. Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 16, n. 4, p. 330-339, 2016.

ROSADO, A. M.; ROSADO, T. B.; JÚNIOR, M. F. R. R.; BHERING, L. L.; CRUZ, C. D. Ganhos genéticos preditos por diferentes métodos de seleção em progênies de *Eucalyptus urophylla*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 12, p. 1653-1659, 2010.

ROSADO, A. M.; ROSADO, T. B.; ALVES, A. A.; LAVIOLA, B. G.; BHERING, L. L. Seleção simultânea de clones de eucalipto de acordo com produtividade, estabilidade e adaptabilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p.964-971, 2012.

ROSADO, R. D.; ROSADO, L. D.; BORGES, L. L.; BRUCKNER, C. H.; CRUZ, C. D.; SANTOS, C. E. Genetic diversity of sour passion fruit revealed by predicted genetic values. **Agronomy Journal**, v. 111, n. 1, p. 165-174, 2019.

SACOMAN, N. N.; VIANA, A. P.; CARVALHO, V. S.; SANTOS, E. A.; RODRIGUES, R. Resistance to *Cowpea aphid-borne mosaic virus* in vitro germinated genotypes of *Passiflora setacea*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 1, 2018.

SANTOS, E. A.; VIANA, A. P.; FREITAS, J. C. O.; RODRIGUES, D. L.; TAVARES, R. F.; PAIVA, C. L.; SOUZA, M. M. Genotypes election by REML/BLUP methodology in a segregating population from an interspecific *Passiflora* spp. crossing. **Euphytica**, p. 1-11, 2015a.

SANTOS, E. A.; VIANA, A. P.; FREITAS, J. C. O.; SILVA, F. H. D. L.; RODRIGUES, R.; EIRAS, M. Resistance to *Cowpea aphid-borne mosaic virus* in species and hybrids of *Passiflora*: advances for the control of the passion fruit woodiness disease in Brazil. **European journal of plant pathology**, v. 143, n. 1, p. 85-98, 2015b.

SANTOS, V. A.; RAMOS, J. D.; LAREDO, R. R.; REIS, F. O. S.; CHAGAS, E. A.; PASQUAL, M. Produção e qualidade de frutos de maracujazeiro-amarelo provenientes do cultivo com mudas em diferentes idades. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 16, n. 1, p. 33-40, 2017.

SANTOS, E. A.; VIANA, A. P.; WALTER, F. H.B.; FREITAS, J. C. O.; RAMOS, H. C. C.; BOECHAT, M. S. B. First report of a genetic map and evidence of QTL for resistance to CABMV in a segregating population of *Passiflora*. **EUROPEAN JOURNAL OF PLANT PATHOLOGY**, v. 1, p. 12-16, 2019a.

SANTOS, V. O.; VIANA, A. P.; PREISIGKE, S. D. C.; SANTOS, E. A. Backcrosses in a segregating population of *Passiflora* mediated by morphoagronomic and resistance traits. **Bragantia**, v. 78, n. 4, p. 542-552, 2019b.

SANTOS, V. O. D.; VIANA, A. P.; PREISIGKE, S. D. C.; SANTOS, E. A. Characterization of a segregating population of passion fruit with resistance to *Cowpea aphid borne mosaic virus* through morpho-agronomic descriptors. **Gen. Mol. Res.** v. 18, p. 1-13, 2019c.

SEBBENN, A. M.; SIQUEIRA, A. C. M. F.; KAGEYAMA, P. Y.; MACHADO, J. A. R. Parâmetros genéticos na conservação da cabreúva–*Myroxylon peruiferum* LF Allemão. **Scientia Forestalis**, v. 53, p. 31-38, 1998.

SIEBRA, A. L. A.; OLIVEIRA, L. R.; MARTINS, A. O. B. P. B.; SIEBRA, D. C.; ALBUQUERQUE, R. S.; LEMOS, I. C. S.; DELMONDES, G. A.; TINTINO, S. R.; FIGUEREDO, F. G.; COSTA, J. G. M.; COUTINHO, H. D. M.; MENEZES, I. R. A.; FELIPE, C. F. B.; KERNTOPF, M. R. Potentiation of antibiotic activity by *Passiflora cincinnata* Mast. front of strains *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. **Saudi journal of biological sciences**, v. 25, n. 1, p. 37-43, 2018.

SILVA, M. G. M.; VIANA, A. P.; GONÇALVES, G. M, JÚNIOR, A. T. A, PEREIRA, M. G. Intrapopulation recurrent selection in yellow passion fruit: alternative to accumulate genetic gains. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 1, p. 170-176, 2009.

SILVA, M. G. D. M.; VIANA, A. P.; AMARAL JÚNIOR, A. T. D.; GONÇALVES, L. S. A.; REIS, R. V. D. Biometrics applied to intra-population improvement of the yellow passion fruit. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 3, p. 493-499, 2012.

SILVA, F. H. D. L.; VIANA, A. P.; SANTOS, E. A.; FREITAS, J. C. D. O.; RODRIGUES, D. L.; AMARAL JÚNIOR, A. T. D. Prediction of genetic gains by selection indexes and REML/BLUP methodology in a population of sour passion fruit under recurrent selection. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 39, n. 2, p. 183-190, 2017.

SOARES, T. L.; JESUS, O. N.; SANTOS-SEREJO, J. A.; OLIVEIRA, E. J. In vitro pollen germination and pollen viability in passion fruit (*Passiflora* spp.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 4, p. 1116-1126, 2013.

SPADOTTI, D. M. D. A.; FAVARA, G. M.; NOVAES, Q. S.; MELLO, A. P. O. A.; FREITAS, D. M. S.; MOLINA, J. E.; REZENDE, J. A. M. Long-lasting systematic roguing for effective management of CABMV in passion flower orchards through maintenance of separated plants. **Plant Pathology**, v. 68, n. 7, p. 1259-1267, 2019.

SOUZA, P. U.; LIMA, L. K. S.; SOARES, T. L.; JESUS, O. N.; COELHO FILHO, M. A.; GIRARDI, E. A. Biometric, physiological and anatomical responses of *Passiflora* spp. to controlled water deficit. **Scientia Horticulturae**, v. 229, p. 77-90, 2018.

TREVISAN, F.; MENDES, B. M. J.; MACIEL, S. C.; VIEIRA, M. L. C.; MELETTI, L. M. M.; REZENDE; J. A. M. Resistance to Passion fruit woodiness virus in transgenic passionflower expressing the virus coat protein gene. **Plant Disease**, v. 90, n. 8, p. 1026-1030, 2006.

UCHÔA, T. L.; ARAÚJO NETO, S. E. D.; SELHORST, P. O.; RODRIGUES, M. J. D. S.; GALVÃO, R. D. O. Yellow Passion fruit performance in organic crop under mulch. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 2, 2018.

VIANA, A. P.; PEREIRA, T. N. S.; PEREIRA, M. G.; SOUZA, M. M.; MALDONADO, J. F. M.; AMARAL JÚNIOR, A. T. Simple and canonic correlation between agronomical and fruit quality traits in yellow passion fruit (*Passiflora edulis* f.

flavicarpa) populations. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.3, p.133-140, 2003.