

HIRLANDA BRITO FARIAS DE SOUZA

**POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE GENÓTIPOS DE
MARACUJAZEIRO AZEDO EM DIFERENTES ESTRUTURAS DE CRUZAMENTOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Carlos Eduardo M. dos Santos

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2023**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

S729p
2023

Souza, Hirlanda Brito Farias de Souza, 1997-

Potencial fisiológico de sementes de genótipos de
maracujazeiro azedo em diferentes estruturas de cruzamentos /
Hirlanda Brito Farias de Souza Souza. – Viçosa, MG, 2023.

1 dissertação eletrônica (65 f.): il. (algumas color.).

Orientador: Carlos Eduardo Magalhães dos Santos.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Agronomia, 2023.

Referências bibliográficas: f. 53-65.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2023.441>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. *Passiflora edulis*. 2. Maracujá - Melhoramento genético.
3. Germinação. 4. Maracujá - Semente - Morfologia. I. Santos,
Carlos Eduardo Magalhães dos, 1980-. II. Universidade Federal
de Viçosa. Departamento de Agronomia. Programa de
Pós-Graduação em Genética e Melhoramento. III. Título.

CDD 22. ed. 634.4252

Bibliotecário(a) responsável: Bruna Silva CRB-6/2552


HIRLANDA BRITO FARIAS DE SOUZA

**POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE GENÓTIPOS DE
MARACUJAZEIRO AZEDO EM DIFERENTES ESTRUTURAS DE CRUZAMENTOS**


Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 23 fevereiro de 2023.

Assentimento:

Documento assinado digitalmente
 HIRLANDA BRITO FARIAS DE SOUZA
Data: 19/07/2023 16:00:13-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Hirlanda Brito Farias de Souza
Autora

Documento assinado digitalmente
 CARLOS EDUARDO MAGALHAES DOS SANTOS
Data: 19/07/2023 21:38:00-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Carlos Eduardo Magalhães dos Santos
Orientador

“Dedico à minha avó Maria Eduarda de Jesus (in memoriam), que infelizmente não pode estar presente neste momento tão importante da minha vida, mas que sempre torceu muito por mim. Sua lembrança me inspira e me faz persistir.”

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me conduzir nesta trajetória, dando-me forças diariamente para seguir em frente e guiando-me pelo caminho certo.

Também agradeço à Universidade Federal de Viçosa e ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, pela oportunidade de formação e apoio para a realização das pesquisas.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), agradeço pela concessão da bolsa de estudos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Professor Dr. Carlos Eduardo Magalhães dos Santos, agradeço pela paciência, oportunidade e orientação.

Aos membros examinadores da banca, Dr^a. Rosenilda de Souza e Dr. Daniel Teixeira Pinheiro, agradeço por aceitarem o convite para participar e pelos conhecimentos compartilhados que enriqueceram este trabalho.

A minha mãe, Stela de Jesus Brito, agradeço por ser uma guerreira, pelo amor constante e pelo apoio em todos os momentos da minha vida. De forma singular, agradeço por sonhar junto comigo.

Aos amigos Edilson Marques, Ivan Barbosa e Mauricio Araújo, agradeço por toda ajuda e explicações relacionadas às análises estatísticas e compreensão dos dados.

Ao Diego Souza, agradeço por ser um amigo, parceiro cheio de sabedoria e paciência, por suas sugestões e contribuição na melhoria do trabalho e pelos ensinamentos. Espero aprender muito mais com você, sou muito grata por tê-lo como amigo.

A Manassés Silva, agradeço por me incentivar a buscar sempre o melhor. Sem você, jamais teria chegado aqui. Sou grata por todo o aprendizado e ensinamentos.

Aos amigos da república, Eugenio Andrade e Yam, agradeço pelo companheirismo, compreensão, momentos compartilhados e amizade. Vocês tornaram os dias em Viçosa menos difíceis.

À minha amiga do “coração” Jamile, agradeço por sempre me entender, por toda amizade e cumplicidade. Também agradeço a todos os meus colegas do

mestrado e amigos do Laboratório de Melhoria de Fruteiras, especialmente a Thais Hashimoto, Cleidiane Rodrigues, Luanna Fernandes, Andressa Kamila e Gabriel Mendes, pelas conversas que me proporcionaram bons momentos, pelo companheirismo, aprendizado e amizade.

A todos e aos demais amigos, os quais por um lapso de memória não foram citados neste pequeno texto, os meus mais sinceros agradecimentos.

RESUMO

SOUZA, H. B. F. de., M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2023. **Potencial Fisiológico de Sementes de Genótipos de Maracujazeiro Azedo em Diferentes Estruturas de Cruzamentos.** Orientador: Carlos Eduardo Magalhães dos Santos.

A propagação do maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims) é realizada por via seminífera, no entanto, por ser uma espécie alógama, este método proporciona heterogeneidade nos pomares comerciais. O objetivo deste estudo foi avaliar o potencial germinativo e o vigor de genótipos oriundos de diferentes estruturas de cruzamento de *P. edulis*, com base em variáveis fisiológicas das sementes. Para isso, dois genótipos previamente obtidos por hibridação artificial e caracterizados como superiores UFVM 6.2 e UFVM 39.7, foram utilizados como genitores. Um total de 60 genótipos foram analisados. Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de 50 sementes. Foram avaliados a germinação (G%), plântulas anormais (%PA), o índice de velocidade de emergência (IGV), o comprimento da parte aérea CPA), o comprimento da raiz (CR), o peso seco da parte aérea (PSPA) e o peso seco da raiz (PSR). Os dados foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,01$), e as médias agrupadas pelo método Scott-Knott. Para o estudo da divergência genética, foi realizada análise multivariada, agrupando-se pelos métodos de Tocher, e posteriormente, análise de componentes principais (CPA) e importância relativa as variáveis. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa computacional Genes e o Software R. Os genótipos apresentaram potencial germinativo e vigor, bem como divergência genética para atributos relacionados à qualidade fisiológica das sementes. Houve a formação de cinco grupos divergentes pelo método de Tocher. As variáveis fisiológicas que mais contribuíram para a diferenciação dos genótipos foram G% e IGV, que explicaram aproximadamente 67,45% da variação total. Os genótipos 4 e 45 demonstraram os melhores resultados para as variáveis de germinação e índice de velocidade de germinação, oriundos do genitor UFVM 6.2, indicando bom vigor para serem explorados no programa de melhoramento. As variáveis fisiológicas das sementes, como a germinação e o índice de velocidade de emergência, foram utilizadas para avaliar o

potencial germinativo e o vigor dos genótipos. Foi observada uma diversidade genética significativa entre os diferentes grupos, com os genótipos 4 e 45 mostrando os melhores resultados em termos de germinação e índice de velocidade de germinação, oriundos do genitor UFVM 6.2. Isso indica que o acasalamento entre indivíduos aparentados não resultou em consequências negativas de vigor. No entanto, para genótipos oriundos do genitor UFVM 39.7, foram observadas reduções significativas na germinação e no índice de velocidade de germinação com os avanços das gerações de autopolinização, revelando os efeitos prejudiciais da endogamia. Portanto, a pesquisa destaca a importância de se realizar uma seleção cuidadosa de genótipos e de se planejar cruzamentos estratégicos para aumentar a produtividade e a qualidade do maracujazeiro.

Palavras-chave: *Passiflora edulis*. Depressão endogâmica. Propagação sexual.

ABSTRACT

SOUZA, H. B. F. de., M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February 2023. **Physiological Potential of Sour Passion Fruit Genotypes Seeds in Different Crossbreeding Structures.** Advisor: Carlos Eduardo Magalhães dos Santos.

The propagation of sour passion fruit (*Passiflora edulis* Sims) is carried out through seed propagation; however, being an allogamous species, this method leads to heterogeneity in commercial orchards. The objective of this study was to evaluate the germination potential and vigor of genotypes derived from different crossing structures of *P. edulis*, based on physiological variables of the seeds. For this purpose, two genotypes previously obtained through artificial hybridization and characterized as superior, UFVM 6.2 and UFVM 39.7, were used as parents. A total of 60 genotypes were analyzed. The experiments were conducted in a completely randomized design with four replicates of 50 seeds each. Germination percentage (G%), abnormal seedlings (%PA), emergence speed index (IGV), shoot length (CPA), root length (CR), shoot dry weight (PSPA), and root dry weight (PSR) were evaluated. The data were subjected to analysis of variance ($p \leq 0.01$), and the means were grouped using the Scott-Knott method. For the study of genetic divergence, a multivariate analysis was performed, grouping by Tocher's method, and subsequently, principal component analysis (PCA) and relative importance to the variables. The statistical analyses were performed using the computational program Genes and the R software. The genotypes showed germination potential and vigor, as well as genetic divergence for attributes related to seed physiological quality. Five divergent groups were formed using the Tocher method. The physiological variables that contributed the most to genotype differentiation were G% and IGV, which explained approximately 67.45% of the total variation. Genotypes 4 and 45 showed the best results for germination and germination speed variables, originating from the parent UFVM 6.2, indicating good vigor to be explored in the breeding program. Seed physiological variables, such as germination and emergence speed index, were used to assess the germination potential and vigor of the genotypes. Significant genetic diversity was observed among the different groups, with genotypes 4 and 45 showing the best results in terms of germination and germination speed index, originating from the parent UFVM 6.2. This indicates that mating between related individuals did

not result in negative vigor consequences. However, for genotypes derived from the parent UFVM 39.7, significant reductions in germination and germination speed index were observed with the advancement of self-pollination generations, revealing the detrimental effects of inbreeding. Therefore, the research highlights the importance of careful genotype selection and strategic planning of crosses to increase productivity and quality of passion fruit.

Keywords: *Passiflora edulis*. Inbreeding depression. Sexual propagation

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1. Origem e botânica do gênero <i>Passiflora</i>	16
2.2. Importância socioeconômica	17
2.3. Características edafoclimáticas e biologia reprodutiva do Maracujazeiro	18
2.4. Mecanismo da Autoincompatibilidade.....	19
2.5. Melhoramento do maracujazeiro.....	21
2.6. Propagação do gênero <i>Passiflora</i>	22
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	24
3.1. População de Genitores	24
3.2. Obtenção dos genótipos	25
3.3. Ensaio de avaliação fisiológicas das sementes	27
3.3.1. Teste de germinação (G%).....	30
3.3.2. Índice de velocidade de germinação (IVG)	30
3.3.3. Comprimento de plântulas	30
3.3.4. Peso seco de plântulas	30
3.3.5. Morfologia interna de sementes por meio de raios X.....	31
3.4 Análises estatísticas	31
3.4.1 Dissimilaridade entre os genótipos	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
5. CONCLUSÕES	52
REFERÊNCIAS.....	53

1. INTRODUÇÃO

O gênero *Passiflora* é heterogêneo, incluindo mais de 520 espécies, das quais aproximadamente 96% estão distribuídas na América Latina, apresentando ocorrência nativa nas regiões tropicais e subtropicais (CERQUEIRA-SILVA et al., 2014). O Brasil e a Colômbia são os centros de diversidade de *Passiflora*, concentrando aproximadamente 30% da diversidade de espécies (OCAMPO, et al., 2010).

Dentre as espécies cultivadas de *Passiflora*, a espécie *Passiflora edulis* Sims, conhecida por maracujazeiro azedo, é a mais relevante economicamente. Atualmente as principais variedades botânicas são aquelas que apresentam epiderme do fruto de cor amarela ou roxa. O maracujá atrai inúmeros consumidores em função do seu valor nutricional e medicinal (WU et al., 2020). No Brasil, o maracujazeiro azedo é uma importante cultura agrícola, além de configurar uma das mais tradicionais. O país é também o maior produtor e consumidor mundial da fruta, com 683.993 toneladas obtidas em uma área cultivada de 45.089 hectares, no ano de 2021 (EMBRAPA, 2019; IBGE, 2022).

A demanda por frutos é crescente, a cultura do maracujazeiro tem grande potencial de expansão no mercado (FALEIRO et al., 2017). Entretanto, a produtividade média brasileira é considerada baixa, decorrente de problemas fitossanitários, manejo cultural inadequado, não utilização de cultivares melhoradas e adaptadas. A aglutinação destes fatores reduz o potencial da cultura, portanto, ações de pesquisas são necessárias (FALEIRO et al., 2019; GRISI et al., 2021).

Embora a cultura do maracujazeiro azedo seja importante, a escassez de pesquisas é evidente, dada a ampla diversidade de espécies existentes. Portanto, são necessários trabalhos minuciosos de caracterização morfológica, agrônômica, citogenética e molecular de todos os genótipos, viabilizando a utilização em cultivos comerciais, e em programas de melhoramento genético (JUNGHANS, 2015; FALEIRO et al., 2015).

Comercialmente, a cultura do maracujazeiro é propagada via sexuada, sendo a mais utilizada, pois apresenta praticidade no processo, além do menor custo de produção (SILVA et al., 2015).

A propagação por sementes é um método simples, seguro e eficaz para produzir plantas livres de doenças, além de garantir a formação de um sistema

radicular abundante e profundo, o que contribui para o desenvolvimento de plantas mais vigorosas e com maior longevidade de cultivo (DIAS et al., 2004; MORERA et al., 2018)

A propagação seminífera é amplamente utilizada para produzir elevado número de mudas, além de permitir a formação de bancos de germoplasma e a produção de mudas a um custo mais baixo quando comparado com outros métodos de propagação, como enxertia ou estaquia. A produção de mudas por sementes é uma das formas mais econômicas de propagar plantas, pois exige menos tempo, habilidade e material para ser executada em comparação com os métodos vegetativos (BRAGA; JUNQUEIRA, 2004; DIAS et al., 2004, LIMA, 2005).

No maracujazeiro, plantas oriundas da propagação por sementes podem apresentar uma ampla variabilidade genética que lhes permite uma maior distribuição e adaptação em diferentes condições de solo e clima. Essa diversidade genética favorece redução da incompatibilidade da polinização entre as flores, aumentando a possibilidade de fertilização e formação de frutos. Contudo, na fruticultura, os produtores buscam uniformidade genética para a implantação de pomares comerciais, e a variabilidade genética entre indivíduos resulta em diferenças na coloração, forma e tamanho dos frutos, o que pode levar a uma queda na qualidade e prejudicar a comercialização dos mesmos (SILVA et al., 2006; FRANZON et al., 2010; MORERA et al., 2018).

A propagação por sementes apresenta algumas limitações relacionadas principalmente à qualidade fisiológica das sementes, o que pode ocasionar germinação desigual e a formação de plântulas heterogêneas e menos vigorosas (NEGREIROS et al., 2006).

O rendimento máximo e o potencial de qualidade de uma cultura são definidos pelas sementes utilizadas. Assim, é crucial garantir que as sementes sejam de alta qualidade, a fim de possibilitar um estabelecimento bem-sucedido do plantio e a melhoria da produção agrícola (KUMAR et al., 2016). Portanto, é necessário tomar alguns cuidados ao selecionar as sementes, a fim de garantir melhores resultados.

Uma semente que apresente rápida germinação e seja capaz de produzir uma plântula saudável e normal é considerada de alta qualidade. O sucesso na produção de mudas vai depender do uso de sementes de qualidade, o que está

relacionado a fatores como a qualidade genética, física, sanitária e fisiológica dessas sementes (NASCIMENTO et al., 2012).

A avaliação do vigor representa uma dimensão de extrema relevância no exame da qualidade de sementes, uma vez que o processo de deterioração está diretamente correlacionado com a diminuição do vigor. Segundo Marcos Filho (1994), o vigor das sementes é uma manifestação resultante de um conjunto de variáveis ou atributos que influenciam seu potencial fisiológico, ou seja, seu desempenho frente a diferentes condições ambientais. Em concordância, Figliolia et al. (1993) destacam a importância fundamental da análise de sementes, pois essa análise provê parâmetros que expressam as qualidades físicas e fisiológicas do lote de sementes, para fins de semeadura e armazenamento.

A germinação é um dos parâmetros a ser considerado na aquisição de sementes, sendo reflexo de uma produção de sementes de qualidade, aliada a um bom material genético. Por isso, é crucial usar genótipos melhorados para as variáveis germinação e vigor inicial das plântulas, a fim de obter mudas homogêneas e vigorosas. É importante realizar avaliações e seleções para escolher corretamente os genitores, a fim de obter ganhos genéticos (ALEXANDRE et al., 2004; ROSADO et al., 2019).

Em sementes do gênero *Passiflora*, são comuns problemas de germinação, até mesmo no maracujá azedo é relatado baixos índices de germinação mesmo quando consideradas fisiologicamente maduras e em momento de máximo acúmulo de matéria seca. Tal observação sugere a possibilidade da existência de dormência, a qual pode ser causada, principalmente, pela impermeabilidade do tegumento e pela inibição ou redução da germinação induzida por hormônios vegetais (OSIPI; NAKAGAWA, 2005; OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2010).

Segundo Silva et al. (2019), os principais fatores que afetam a germinação são de origem genética, o manejo, fatores morfológicos e fisiológicos. Dessa forma, é essencial a seleção de genótipos que não potencializem a ocorrência de dormência, incluindo aqueles não domesticados, assegurando uma germinação rápida e uniforme, e a compressão da herança de dormência faz parte do processo (SANTOS et al., 2015). Algumas espécies de *Passiflora* podem apresentar diferentes formas e níveis, acarretando baixa germinação (GRZYBOWSKI et al., 2019).

No maracujazeiro, por ser uma espécie de propagação preferencialmente sexuada, faz-se necessária a realização de pesquisas relacionadas a qualidade e ao desempenho germinativo das sementes, visto que cultivares com boa capacidade de germinação são altamente desejáveis (TORRES et al., 2019).

A propagação sexuada cria variabilidade genética dentro das populações, fornecendo a diversidade necessária para a seleção de variáveis desejáveis em um programa de melhoramento, além de possibilitar a investigação científica de fatores que influenciam na biologia da germinação, bem como a preservação da diversidade de recursos fitogenéticos e a conservação de espécies por meio de bancos de germoplasma (RUTHS et al., 2019).

Os pomares comerciais de maracujazeiro, são em grande maioria compostos por cultivares que apresentam grande variabilidade genética, pois a espécie é alógama e autoincompatível, resultando em uma população heterogênea (SUASSUNA et al., 2003; ROSADO et al., 2019). No melhoramento genético do maracujazeiro houve avanços significativos, e diferentes métodos vêm sendo empregados no desenvolvimento de cultivares geneticamente superiores. As técnicas de melhoramento têm contribuído para o aprimoramento de variáveis morfológicas, fisiológicas e agronômicas que promovem maior incremento de produtividade, melhoria na qualidade de frutos e busca de genótipos tolerantes ou resistentes a doenças e pragas importantes para a cultura (FALEIRO et al., 2005; WU et al., 2020).

Uma das finalidades dos programas de melhoramento genético a longo prazo é a obtenção de híbridos para exploração da heterose. Para a obtenção de híbridos é essencial o desenvolvimento das linhagens endogâmicas, através do uso da endogamia, que tem como vantagem a fixação de alelos favoráveis, mas em alguns casos, pode causar depressão por endogamia, relevando efeitos deletérios na população. Definida como o acasalamento de indivíduos relacionados entre si por ancestrais comuns e maximiza a probabilidade de que a descendência apresente cópias de um mesmo alelo ancestral, elevando a homozigose. Por outro lado, pode promover o aumento da frequência de genes deletérios indesejáveis ocasionando redução de vigor de híbrido (FALCONER et al., 1998; RAMALHO et al., 2021).

A base genética da depressão por endogamia é explicada por duas hipóteses principais. A primeira é a hipótese da dominância parcial, presumindo que um grande número de genes recessivos ou parcialmente recessivos cause

depressão por endogamia (CROW, 1952). Assim, como a endogamia aumenta a frequência de homozigotos, os alelos recessivos deletérios, que estão presentes nos heterozigotos, se expressam em maior proporção. A segunda hipótese, de sobredominância, afirma que os heterozigotos são superiores a ambos os homozigotos e a diminuição da frequência de heterozigotos devido à endogamia reduz a oportunidade de expressão desses heterozigotos (CHARLESWORTH; CHARLESWORTH, 1999). Além dessas duas hipóteses, uma terceira foi proposta por Templeton e Read (1994), que sugerem que a depressão por endogamia é uma consequência da interrupção da interação epistática entre os loci, causada pela endogamia.

A manifestação de depressão por endogamia é comum em muitas plantas alógamas, pois a redução na concentração de heterozigosidade, pode acarretar o aparecimento de características indesejáveis, gerando desafios para o desenvolvimento de linhagens puras (CHARLESWORTH; CHARLESWORTH, 1999).

No melhoramento do maracujazeiro a utilização de híbridos é uma estratégia promissora no incremento da produção e na qualidade de frutos, ocasionados pela heterose. Entretanto, a obtenção de híbridos oriundos de linhagens endogâmicas apresenta desafios inerentes ao modo de reprodução da espécie, que é alógama e apresenta autoincompatibilidade, fatores que limitam o melhoramento da cultura que é baseada principalmente no método de seleção recorrente (MADUREIRA et al., 2014; TORRES et al., 2019).

Dentre os métodos utilizados nos programas de melhoramento genético de *Passiflora*, são utilizados principalmente: o retrocruzamento e a seleção recorrente. De acordo com Borém e Miranda (2013), cruzamentos entre irmãos germanos, meio irmãos, pais e filhos (retrocruzamento) e autofecundação, elevam a frequência dos alelos homozigotos na população. Entretanto, com o aumento na homozigose pressupõe-se uma redução de vigor ou depressão endogâmica, demonstrada nas variáveis relacionadas à capacidade reprodutiva ou eficiência fisiológica, por exemplo, a germinação (FALCONER; MACKAY, 1996). Para tanto, proceder seleção de genitores cujas combinações genéticas permitam a obtenção de genótipos oriundos de linhagens endogâmicas com efeitos menos acentuados da endogamia auxiliará o melhorista na tomada de decisão sobre os próximos ciclos de seleção.

Assim, considerando a importância das sementes para propagação de espécies de *Passiflora edulis*, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial

germinativo e o vigor de genótipos, com base em variáveis fisiológicas das sementes.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Origem e botânica do gênero *Passiflora*

O maracujá (*Passiflora* spp.) pertencem à família Passifloraceae, ordem Malpighiales, que compreende mais de 16.000 espécies, caracterizando uma ordem com elevada diversidade morfológica e ecológica (WURDACK; DAVIS, 2009). Essas espécies são distribuídas nas regiões tropicais e subtropicais da América e em menor abundância na África, Ásia e Austrália (BORGES; MILWARD-DE-AZEVEDO, 2017; BORGES et al, 2020).

Brasil, Colômbia, Equador e Peru, são os principais centros de diversidade genética para o gênero *Passiflora*. No território brasileiro, ocorrem quatro gêneros diferentes: *Ancistrothyrsus* Harms, *Dilkea* Mast., *Mitostemma* Mast. e *Passiflora* L. No entanto, é o gênero *Passiflora* que se destaca, tanto em quantidade de espécies quanto em sua relevância econômica. Com um total de 154 espécies, das quais 87 são endêmicas, com ampla distribuição geográfica, e ocorrência em todos os biomas brasileiros (CERVI; RODRIGUES, 2010; BERNACCI et al., 2015).

Apesar da ampla diversidade genética representada pela biodiversidade nativa, apenas algumas espécies do gênero *Passiflora* são amplamente utilizadas nas cadeias produtivas de abastecimento do mercado nacional e internacional de frutas, sobretudo as espécies *P. edulis* (maracujazeiro azedo), *P. alata* Curtis (maracujazeiro doce) e *Passiflora ligularis* Juss. (maracujazeiro granadilla) que se destacam economicamente sendo as mais cultivadas e comercializadas (SANTANA et al., 2015).

O gênero *Passiflora* possui vasta diversidade genética nas folhas e flores, exibindo várias características florais únicas, como a presença de androginóforo bastante desenvolvido, uma corona complexa constituída por uma ou várias filas concêntricas de filamentos, com ampla variação de tamanhos, cor, formato. Diante deste aspecto, o potencial das espécies tem sido estudado para a ornamentação,

devido à beleza e diversidade das flores (MACDOUGAL, 1994; ULMER; MACDOUGAL, 2004; FALEIRO et al., 2017). As principais espécies do gênero são diploides ($2n=2x=18$ cromossomos), alógamas e autoincompatíveis, entretanto, o número de cromossomos varia, por exemplo, *P. edulis* e *P. alata* têm $2n = 18$, enquanto *P. foetida* Linn. tem $2n = 20$ (MARTIN; NAKASONE, 1970; MELO et al., 2001).

2.2 Importância socioeconômica

O Brasil destaca-se como principal produtor do maracujá, porém a produção brasileira é variável e tem pouca expressão no mercado exportador, com somente 1% das exportações, em geral, na forma de frutas frescas e suco concentrado. Por essa razão, a produção brasileira é direcionada principalmente ao mercado interno, que consegue absorver a maior parte da produção (MELETTI, 2011; EMBRAPA, 2021).

O cultivo é realizado essencialmente em pequenas propriedades, com áreas de 1 a 5 hectares, por agricultores familiares que utilizam a cultura como fonte contínua de renda. A produção brasileira de maracujá em 2021 foi de 683.993 t, obtida em 45.089 ha, destacando-se no agronegócio da fruticultura e contribuindo para o desenvolvimento do setor agropecuário. A região Nordeste é a maior produtora, responsável por 69,59% da produção brasileira (FALEIRO et al., 2019; IBGE, 2022).

O cultivo do maracujazeiro possui alta relevância socioeconômica para o país, pois oferece renda distribuída na maior parte do ano, tornando-se uma alternativa interessante para a agricultura familiar. A expansão dos pomares comerciais ocorreu principalmente através dos pequenos produtores, que proporcionaram ao país uma posição de destaque na produção da cultura (CAVICHOLI et al., 2018; IEA, 2019). É uma importante opção de renda para pequenos, médios e grandes fruticultores, oferecendo rápido retorno econômico e receita distribuída na maior parte do ano, promovendo a geração de empregos no campo. Além disso, a cultura do maracujazeiro azedo é excelente para o setor de vendas de insumos e agroindústrias, por ser muito comercializada, o que a coloca

em posição de destaque quando comparada à maioria das outras frutíferas (MELETTI, 2011; SANTOS et al., 2017; FALEIRO et al., 2017).

Entre as espécies de *Passiflora* cultivadas no Brasil, *P. edulis* é a mais produzida comercialmente, sendo encontrada em mais de 90% dos pomares do país. Atualmente, o mercado do maracujá tem se expandido e verifica-se um aumento do consumo per capita no mercado nacional. Além disso, as espécies despertam o interesse em segmentos da indústria para fins ornamentais, medicinais e indústrias cosméticas, com perspectivas promissoras (FALEIRO et al., 2015; PACHECO et al., 2016; FALEIRO et al., 2017).

2.3. Características edafoclimáticas e biologia reprodutiva do Maracujazeiro

O maracujazeiro é uma planta trepadeira, lenhosa ou herbácea, com um crescimento rápido, podendo atingir de cinco a dez metros, exigindo algum tipo de suporte para seu desenvolvimento (FALEIRO; JUNQUEIRA, 2016; FALEIRO et al., 2017). Os caules são eretos, cilíndricos, com ou sem pilosidade, com alto teor de lignina, diminuindo ao se aproximar do ápice. Apresentam gavinhas auxiliares, estípulas e folhas lanceoladas (CUNHA et al., 2002; FALEIRO et al., 2005).

As folhas são alternas e simples, pecioladas, inteiras ou lobadas, com gavinhas solitárias localizadas nas axilas foliares. O sistema radicular é pivotante, podendo apresentar raízes adventícias, quando propagadas por estacas (CUNHA et al., 2002; FALEIRO et al., 2005). Suas flores são hermafroditas solitárias, grandes, vistosas e protegidas na base por brácteas foliares. As flores apresentam uma variedade de cores, são atraentes e perfumadas e abundantes em néctar e pólen, atraindo insetos polinizadores (AMORIM et al., 2014; OCAMPO et al., 2017). A antese floral ocorre uma única vez por volta das 11:30 horas, fechando-se ao final da tarde. A corona é composta por vários filamentos ou fímbrias, sendo a marca característica do gênero *Passiflora* (JUNQUEIRA et al., 2001; FALEIRO; JUNQUEIRA, 2016).

O maracujazeiro azedo é uma planta de dias longos, necessitando de fotoperíodos superiores a 11 horas e 20 minutos de luz para emitir botões florais (WATSON; BOWERS, 1965; MELETTI, 1996). A posição das anteras abaixo do estigma e a presença do fenômeno genético da autoincompatibilidade do tipo

gameto-esporofítica, são característica inerente às flores do gênero *Passiflora* que impedem que o pólen produzido em determinada flor possa fecundá-la ou as demais flores produzidas na mesma planta, favorecendo a polinização cruzada (BRUCKNER et al., 1995; KISHORE et al., 2010). Os principais polinizadores são abelhas como a *Apis mellifera*, *Xylocopa* spp, e espécies do gênero *Bombus*, aves e morcegos (ABRAHAMCZYK, 2014; COBRA et al., 2015,).

Os frutos são do tipo baga, com pericarpo carnoso, indeiscentes, com sementes marrom-escuras com grande variação de tamanhos e formas e cobertas por arilos que armazenam suco (MANICA et al., 1997).

As sementes de maracujazeiro azedo podem ser longas, reticuladas, pontuadas ou faveoladas, monocromáticas, de coloração escura, com tegumento rígido e ornamentado, envolvidas por arilo mucilaginoso, são do tipo ortodoxas ou ortodoxas intermediárias (NUNES; QUEIROZ, 2006; ARAUJO et al., 2009; COSTA et al., 2015). Possuem um tegumento duro, liso, ceroso, sua coloração variar do roxo escuro ao amarelo, dependendo da espécie. Os frutos possuem alto valor nutricional e medicinal, sendo ricos em em vitamina A e C e com teores razoáveis de ferro, potássio, sódio, magnésio, enxofre, cloretos e fibras alimentares (KNIGHT; WINTERS, 1962; COSTA et al., 2015).

2.4. Mecanismo da Autoincompatibilidade

Diversas espécies vegetais apresentam mecanismos fisiológicos com base genética que impedem a fecundação das flores a partir de grãos de pólen produzidos pela própria planta ou entre plantas aparentadas (SCHIFINO-WITTMAN; DALL'AGNOL, 2002). A autoincompatibilidade (AI) é um mecanismo importante que determina a alogamia, impedindo que plantas produtoras de gametas masculinos e femininos funcionais formem frutos quando autopolinizadas (MATHER, 1953).

Os sistemas de autoincompatibilidade têm sido divididos em: heteromórficos, onde a incompatibilidade é determinada por diferenças morfológicas das estruturas sexuais da flor, ou homomórficos, em que a incompatibilidade é definida por uma reação desencadeada durante a polinização, sendo esta última a

mais conhecida e disseminada entre as plantas que exibem esta característica (MUÑOZ-SANZ et al., 2020).

A autoincompatibilidade homomórfica pode ser classificada em gametofítica, sendo neste caso que a especificidade do pólen é gerada pelo alelo S do genoma haplóide do grão do pólen (gametófito). Por outro lado, tem-se a autoincompatibilidade do tipo esporofítica, em que a especificidade é gerada pelo genótipo diplóide da planta adulta (esporófito) que deu origem ao grão de pólen (BRUCKNER et al., 2005; SUASSUNA et al., 2003). No maracujazeiro, estudos a respeito deste mecanismo ainda são incipientes, principalmente a nível molecular, o que evidencia a necessidade de novos estudos para a espécie

A autoincompatibilidade em espécies de interesse econômico pode apresentar efeitos positivos ou negativos, dependendo da espécie e do interesse na planta (SHEN et al., 2008). Em culturas, cujo interesse não é o fruto, a autoincompatibilidade não é um fator relevante, ou pode ser vista como uma estratégia importante para manter o vigor da planta por longos períodos, já que não haverá desperdício de energia com a formação do fruto. Entretanto, em espécies frutíferas, cujo interesse são os frutos a autoincompatibilidade é extremamente importante, sendo necessário manter diferentes genótipos nos pomares para garantir a produção de frutos (SCHIFINOWITTMANN; DALL'AGNOL, 2002; FALEIRO et al., 2019).

Além disso, em espécies autoincompatíveis, a obtenção de linhagens endogâmicas torna-se um desafio, uma vez que a autofecundação é dificultada. Isso reforça a necessidade de métodos alternativos para a superação de barreiras da autoincompatibilidade, através de metodologias, como: a utilização de altas temperaturas, irradiação, tratamento com hormônios, soluções salinas, mutilação dos pistilos e autopolinização no estágio de antese, técnicas que podem suprimir a reação de autoincompatibilidade temporariamente e permitir a autopolinização sucessivas (SCHIFINOWITTMANN; DALL'AGNOL, 2002; LIRA JUNIOR et al., 2016).

No maracujazeiro, a utilização de metodologias alternativas para a autofecundação é eficiente, entretanto sucessivas gerações de autofecundação desencadeiam expressivo efeito de depressão endogâmica, dificultando o avanço de muitas gerações. A produção de duplo-haploides é uma interessante técnica

alternativa para esta espécie, visto que a partir de uma geração de cultivo, linhagens 100% homozigotas podem ser obtidas (DAS et al., 2018; HUSSAIN et al., 2012).

Estudos demonstram que o maracujazeiro azedo é uma planta alógama, por excelência apresentando autoincompatibilidade genética do tipo homomórfica esporofítica (locos S), porém, há indícios de haver uma interação gametofítico-esporofítico (BRUCKNER et al., 1995; SUASSUNA et al., 2003). Esse fenômeno influencia diretamente nas estratégias de melhoramento adotadas, sendo que a principal influência negativa da AI seria a obtenção de linhagens para a produção de híbridos (SCHIFINO-WITTMANN; DALL'AGNOL, 2002).

Portanto, a polinização deve ser feita entre plantas com alelos de incompatibilidade geneticamente diferentes, resultando em indivíduos heterozigotos nas populações melhoradas (ROSADO et al., 2019). A seleção de genitores e o planejamento dos cruzamentos podem maximizar a frequência de alelos favoráveis, e são estratégias relevantes nos programas de melhoramento. Sendo uma metodologia alternativa para a obtenção de cruzamentos compatíveis, eficiente na produção de mudas com alta qualidade e na obtenção de cultivares superiores (VIANA et al., 2007). Todavia, a direção do cruzamento, qual planta será receptora de pólen ou doadora deve ser considerada.

2.5. Melhoramento do maracujazeiro

Embora o maracujazeiro seja uma fruteira de importância econômica, a maioria dos estudos relacionados à geração de informações básicas para os programas de melhoramento genético são recentes, sendo que ainda existe uma lacuna no melhoramento da cultura e essa falta de informações genômicas disponíveis limita os estudos (COSTA et al., 2017).

A variabilidade genética no gênero *Passiflora* é muito ampla não somente dentro do gênero, mas também dentro das espécies mais cultivadas (OCAMPO; COPPENS D'ECKENBRUGGE, 2017). A caracterização e a exploração da variabilidade genética de espécies de *Passiflora*, bem como dentro da espécie *P. edulis*, podem revelar recursos genéticos de valor elevado, principalmente para utilização em programas de melhoramento genético (FALEIRO et al., 2005).

Em relação ao progresso do melhoramento genético de maracujazeiro azedo no Brasil, os programas iniciaram usando teste de progênies para obter populações

sintéticas, visando o desenvolvimento da cultura com melhor produtividade, qualidade e homogeneidade e com diversidade genética suficiente para uma polinização cruzada (OLIVEIRA et al., 2008; REIS et al., 2011, 2012).

Entre os principais objetivos dos programas de melhoramento genético do maracujazeiro, destaca-se a obtenção de cultivares com alta produtividade, tolerância a estresses bióticos e abióticos, longevidade, melhoria das características físicas e químicas do fruto e a seleção de genótipos com menor exigência luminosa, com o propósito de ampliar a produção de maracujá em diferentes regiões do país (FALEIRO et al., 2016; GIOPPATO et al., 2019; CORDEIRO et al., 2019).

Atualmente, as pesquisas no melhoramento genético do maracujazeiro têm se concentrado principalmente na avaliação de sua diversidade genética. Contudo, o genoma do maracujazeiro azedo não está totalmente sequenciado e marcadores moleculares específicos para a espécie ainda não foram desenvolvidos. A falta de informações transcricionais e genômicas sobre o maracujazeiro limita muito as pesquisas genéticas e de melhoramento da espécie. Portanto, torna-se imprescindível a realização de estudos genéticos mais detalhados, a fim de preencher as lacunas existentes no campo do melhoramento da cultura (XIA et al., 2021). No entanto, na última década, vários trabalhos já vêm contribuindo no melhoramento do maracujazeiro azedo visando à obtenção de genótipos superiores para a produtividade e qualidade de frutos (CERQUEIRA-SILVA et al., 2016; GRISI et al., 2021; XIA et al., 2021).

2.6. Propagação do gênero *Passiflora*

A propagação do maracujazeiro azedo é realizada por meio de sementes, sendo o método mais comumente utilizado via reprodução sexual, conforme Sousa e Meletti (1997). No entanto, a cultura também pode ser propagada por meio de métodos vegetativos ou assexuados, tais como estaquia, enxertia ou cultura de tecidos (ALEXANDRE et al., 2004).

A propagação por sementes possui muitas vantagens: como a praticidade na produção e formação de mudas, menor demanda em mão de obra e infraestrutura, facilidade de transporte e comercialização de sementes, produção de mudas livres de patógenos não transmitidos por sementes, obtenção de plantas geneticamente distintas, maior variabilidade genética, minimizando os efeitos da

autoincompatibilidade das plantas de maracujazeiro (FALEIRO et al., 2019). No entanto, esse sistema reprodutivo, acarreta desafios para o desenvolvimento da cultura, pois contribui para a manutenção de variabilidade genética populacional, conseqüentemente, gerando maior número de heterozigotos. Essa heterozigosidade, por sua vez, pode ser prontamente evidenciada na produção comercial de cultivos, manifestando-se através da variação em características como formato, peso e coloração da polpa dos frutos (MELETTI et al., 1992; BERNACCI et al., 2003).

De acordo com Posada et al. (2014), as sementes de maracujazeiro são consideradas ortodoxas e podem ser armazenadas por até 6 meses em condições de -20°C com umidade de 6% sem que haja perda de vigor. O tempo de armazenamento recomendado pode variar conforme as condições de armazenamento.

De forma geral, as sementes de *Passiflora* possuem uma taxa de germinação baixa e irregular. Além disso, a escassez de fornecedores comerciais que ofereçam sementes de qualidade é um fator limitante na cadeia produtiva dessa cultura. Essas questões comprometem a homogeneidade na germinação e representam desafios significativos para o desenvolvimento da produção de *Passiflora* (MARTINS et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2012; SOUTO et al., 2017).

A ausência de uniformidade na germinação se correlaciona com o processo de dormência, em virtude de algumas sementes possuírem dormência, sobretudo aquelas advindas de espécies selvagens de *Passiflora*, a exemplo de *P. setacea* DC., dificultando a propagação sexuada e a formação de mudas de qualidade (PÁDUA et al., 2011; JOSÉ et al., 2019).

A dormência é um mecanismo que as plantas utilizam para a sobrevivência das espécies, impedindo a germinação de sementes viáveis, contribuindo para sua permanência na natureza e reduzindo o risco de extinção (PENFIELD, 2017). Todavia, a dormência não é economicamente interessante, pois atrasa o crescimento de mudas e causa desuniformidade (BENTSINK et al., 2007). Pesquisas têm sido realizadas investigando a germinação em *Passiflora* spp., com o intuito de reduzir o tempo de emergência das plântulas, selecionar genótipos superiores e aumentar a tolerância das sementes às condições adversas durante a germinação (SANTOS et al., 2015; MAROSTEGA et al., 2015; ZANINI et al., 2016; TORRES et al., 2019; GRZYBOWSKI et al., 2019; ROSADO et al., 2020).

Nos sistemas de produção, a qualidade da semente é de extrema importância, pois determina inicialmente o sucesso da produção agrícola (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; HAMPTON et al., 2013). Portanto, para selecionar genótipos superiores de maracujazeiro azedo, é essencial a avaliação da qualidade morfológica de suas sementes. As taxas de germinação das sementes e o vigor das mudas são parâmetros importantes no melhoramento genético da espécie, assim, por meio de testes de germinação, vigor e resistência ao estresse, os genótipos mais vigorosos podem ser selecionados (MARCOS-FILHO, 2015; SOUTO et al., 2017).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão (UEPE)/Pomar Campus, do Departamento de Agronomia da Universidade Federal de Viçosa-UFV, situado no município de Viçosa, Minas Gerais (latitude 20° 45' 14" S, longitude 42° 52' 55" W e com uma altitude de aproximadamente 650 m).

3.1. População de Genitores

Em uma população segregante do Programa de Melhoramento de Maracujazeiro da UFMG, dois genitores, UFMG 6.2 e UFMG 39.7, foram anteriormente caracterizados como superiores. Estes foram então propagados por estaquia, originando 25 plantas da UFMG 6.2 e 25 plantas do UFMG 39.7, posteriormente procedeu-se o cruzamento de cada um dos genitores com o genótipo SOL 23.12, deste cruzamento foram obtidas sementes, estas foram semeadas e originaram 100 plantas do genótipo UFMG 6.2 e UFMG 39.7 respectivamente (Figura 1). Estas plantas foram conduzidas em casa de vegetação até a fase reprodutiva e posteriormente foi realizada a hibridação artificial (utilizando a técnica de polinização controlada) para obtenção das sementes que utilizamos no presente trabalho.

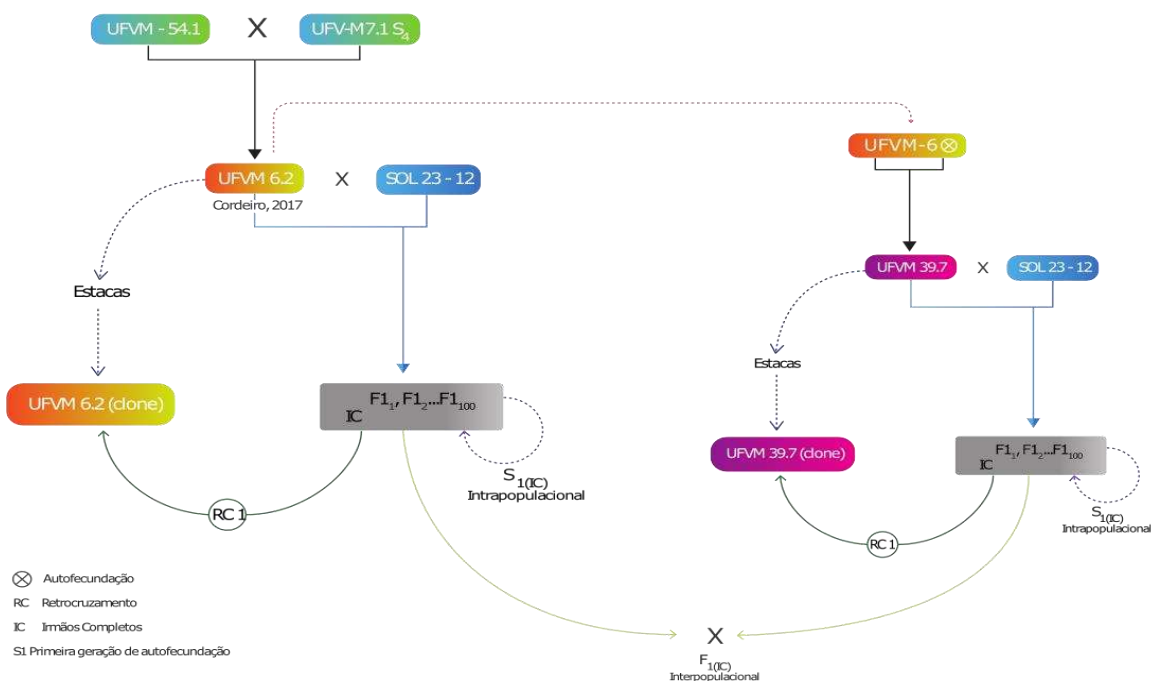


Figura 1 – Esquema representativo das estruturas genéticas para obtenção das plantas utilizadas como genótipos.

3.2. Obtenção dos genótipos

Para obtenção das sementes de cada genótipos utilizados no estudo, foram realizados cruzamentos direcionados em várias estruturas genéticas. Foi realizado o cruzamento do genótipo UFVM 6.2 com o SOL 23.12, resultando em uma progênie submetida a três diferentes tipos de cruzamento: o primeiro consistiu no cruzamento entre indivíduos da mesma progênie, gerando uma geração de irmãos completos intrapopulacional, o segundo envolveu o retrocruzamento da progênie com o genitor UFVM 6.2 (clone) gerando uma geração de retrocruzamento (RC1), e o terceiro procedimento consistiu no cruzamento com outra progênie oriunda do cruzamento UFVM 39.7 com o SOL 23.12, originando a geração de irmãos completos interpopulacionais. O mesmo procedimento foi repetido com a progênie resultante do cruzamento UFVM 39.7 x SOL 23.12 conforme a Figura 1. Todos os cruzamentos artificiais foram conduzidos no início do florescimento, visando proporcionar o maior número de combinações.

Foi realizada hibridação intraespecífica, dentro de cada genótipo, transferência de pólen entre indivíduos, e hibridação interespecífica entres os genótipos, para obtenção de híbridos de maracujazeiro. Para o retrocruzamento foi

utilizado o pólen das plantas obtidas por sementes (irmãos completos) para fecundar os clones obtidos por estaquia (parental).

A compatibilidade genética entre os genótipos foi realizada via cruzamentos direcionados e controlados, em esquema de dialelo completo, com a polinização de pelo menos três flores para cada cruzamento. Sendo considerados incompatíveis, aqueles cruzamentos em que as três polinizações não foram bem-sucedidas. Cruzamentos onde todas as polinizações formaram frutos foram considerados totalmente compatíveis, e cruzamento onde parte das polinizações falharam na fertilização foram considerados parcialmente compatíveis.

Para conduzir as polinizações controladas, diariamente pela manhã (antes da antese), os botões florais foram protegidos com sacos de papel, evitando que ocorresse a polinização por agentes polinizadores. Após a antese, por volta das 11 h da manhã, os sacos eram retirados e a emasculação efetuada, o pólen do genitor masculino era então coletado e posteriormente transferido para o estigma da planta receptora, com auxílio de uma haste flexível de algodão.

Após a polinização, as flores foram identificadas e novamente ensacadas para evitar contaminação com pólen proveniente de outras plantas. Após uma semana, as plantas foram revisitadas e procedeu-se às avaliações de compatibilidade. Essas avaliações eram feitas pelo ovário das flores: quando observada a queda da flor ou seu aspecto murcho amarelado, não houve pegamento. Em contrapartida, se apresentasse aspecto saudável, com aumento de tamanho, o pegamento do fruto era confirmado e estes eram ensacados com rede de nylon para que completassem seu desenvolvimento vegetativo e o amadurecimento de forma protegida (BRUCKNER; OTONI, 2009).

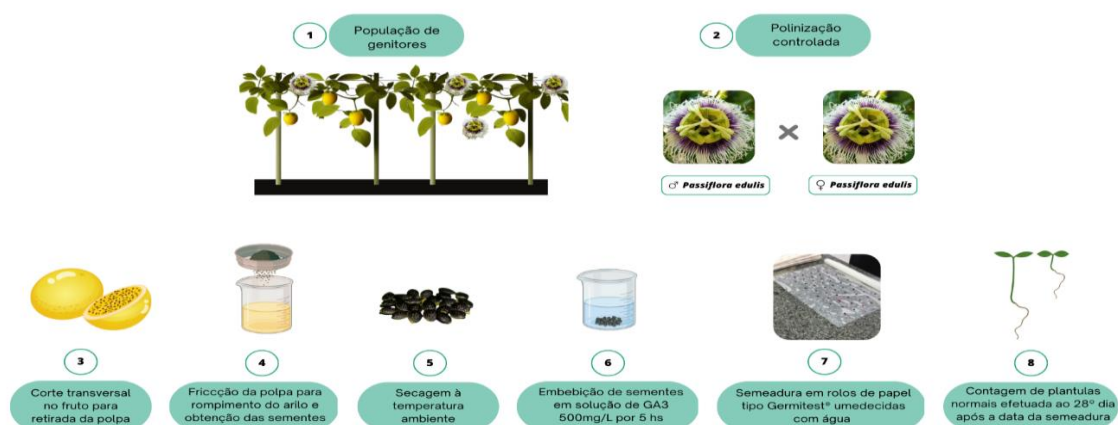


Figura 2 – Esquema de obtenção dos genótipos de maracujazeiro azedo e processamento das sementes e plântulas. Viçosa-MG, 2022.

Os frutos resultantes de cada cruzamento controlado foram colhidos quando maduros, aproximadamente 90 dias após a polinização, quando apresentaram no mínimo 30% de coloração amarela (Negreiros et al., 2006). Após a colheita, foram processados para retirada das sementes. Um corte transversal foi realizado para efetuar a retirada das sementes e para romper o arilo que as envolvia elas foram friccionadas contra a malha de uma peneira (Figura 2 - 4). Em seguida, as sementes foram lavadas em água corrente e dispostas em bandejas contendo papel toalha e secas à temperatura ambiente, por um período de cinco dias. Posteriormente, procedeu-se à avaliação visual das sementes obtidas em cada combinação, separando-se as sementes esbranquiçadas ou com coloração heterogênea (sementes inviáveis) das sementes viáveis. As sementes viáveis foram pesadas utilizando-se uma balança de precisão e armazenadas em frascos de polietileno transparente, devidamente identificados, a uma temperatura de 4 °C (geladeira) durante 15 dias.

3.3. Ensaio de avaliação fisiológicas das sementes

As sementes de cada genótipo foram extraídas, em média, de dois frutos resultantes de cruzamentos compatíveis. Em seguida, os genótipos que continham o mínimo de 200 sementes foram selecionados. As avaliações dos genótipos, quanto às variáveis fisiológicas das sementes, foram conduzidas no Laboratório de Melhoramento de Fruteiras, localizado na Unidade Ensino, Pesquisa e Extensão/Pomar Campus, pertencente ao Departamento de Agronomia da Universidade Federal de Viçosa.

Foram avaliadas as características: germinação (G), plântulas anormais (PA) ambos expressos em porcentagem (%), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CR), expressos em centímetros (cm), peso seco da parte aérea (PSPA) e peso seco da raiz (PSR) em miligramas (mg).

Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado e foram constituídos por 60 genótipos (Tabela 1).

Tabela 1 – Identificação e origem de 60 genótipos de maracujazeiro azedo utilizados nos ensaios para avaliações fisiológicas. *

Genótipos	♀	♂	Estrutura
G1	UFVM6.2(4)	UFVM6.2(24)	*IC Intrapopulacional
G2	UFVM6.2(23)	UFVM6.2(35)	IC Intrapopulacional
G3	UFVM6.2(21)	UFVM6.2(35)	IC Intrapopulacional
G4	UFVM6.2(48)	UFVM6.2(34)	IC Intrapopulacional
G5	UFVM6.2(35)	UFVM6.2(43)	IC Intrapopulacional
G6	UFVM6.2(21)	UFVM6.2(02)	IC Intrapopulacional
G7	UFVM6.2(30)	UFVM6.2(76)	IC Intrapopulacional
G8	UFVM6.2(75)	UFVM6.2(96)	IC Intrapopulacional
G9	UFVM6.2(82)	UFVM6.2(61)	IC Intrapopulacional
G10	UFVM6.2(18)	UFVM6.2(54)	IC Intrapopulacional
G11	UFVM6.2(21)	UFVM6.2(71)	IC Intrapopulacional
G12	UFVM6.2(50)	UFVM6.2(02)	IC Intrapopulacional
G13	UFVM6.2(86)	UFVM6.2(83)	IC Intrapopulacional
G14	UFVM6.2(26)	UFVM6.2(40)	IC Intrapopulacional
G15	UFVM6.2(50)	UFVM6.2(48)	IC Intrapopulacional
G16	UFVM6.2(47)	UFVM6.2(33)	IC Intrapopulacional
G17	UFVM6.2(13)	UFVM6.2(54)	IC Intrapopulacional
G18	UFVM6.2(33)	UFVM6.2(47)	IC Intrapopulacional
G19	UFVM6.2(78)	UFVM39.7(26)	IC Interpopulacional
G20	UFVM6.2(4)	UFVM39.7(89)	IC Interpopulacional
G21	UFVM6.2(5)	UFVM39.7(71)	IC Interpopulacional
G22	UFVM39.7(26)	UFVM39.7(02)	IC Intrapopulacional
G23	UFVM39.7(31)	UFVM39.7(19)	IC Intrapopulacional
G24	UFVM39.7(79)	UFVM39.7(66)	IC Intrapopulacional
G25	UFVM39.7(22)	UFVM39.7(43)	IC Intrapopulacional
G26	UFVM39.7(55)	UFVM39.7(91)	IC Intrapopulacional
G27	UFVM39.7(23)	UFVM39.7(86)	IC Intrapopulacional
G28	UFVM39.7(69)	UFVM39.7(86)	IC Intrapopulacional
G29	UFVM39.7(22)	UFVM39.7(33)	IC Intrapopulacional
G30	UFVM39.7(28)	UFVM39.7(94)	IC Intrapopulacional
G31	UFVM39.7(85)	UFVM39.7(69)	IC Intrapopulacional
G32	UFVM39.7(14)	UFVM39.7(71)	IC Intrapopulacional
G33	UFVM39.7(28)	UFVM39.7(47)	IC Intrapopulacional
G34	UFVM39.7(33)	UFVM39.7(41)	IC Intrapopulacional
G35	UFVM39.7(28)	UFVM39.7(40)	IC Intrapopulacional
G36	UFVM39.7(25)	UFVM39.7(06)	IC Intrapopulacional
G37	UFVM39.7(16)	UFVM39.7(93)	IC Intrapopulacional
G38	UFVM39.7(12)	UFVM39.7(32)	IC Intrapopulacional
G39	UFVM39.7(25)	UFVM39.7(93)	IC Intrapopulacional
G40	UFVM6.2(C9)	UFVM6.2(32)	*RC1
G41	UFVM6.2(C1)	UFVM6.2(77)	RC1
G42	UFVM6.2(C17)	UFVM6.2(54)	RC1
G43	UFVM6.2(C18)	UFVM6.2(61)	RC1
G44	UFVM6.2(C18)	UFVM6.2(54)	RC1
G45	UFVM6.2(MV)	UFVM6.2(14)	RC1

G46	UFVM6.2(C9)	UFVM6.2(99)	RC1
G47	UFVM6.2(C1)	UFVM6.2(82)	RC1
G48	UFVM39.7(C11)	UFVM39.7(42)	RC1
G49	UFVM39.7(C5)	UFVM39.7(11)	RC1
G50	UFVM39.7(C23)	UFVM39.7(82)	RC1
G51	UFVM39.7(C12)	UFVM39.7(87)	RC1
G52	UFVM39.7(MV)	UFVM39.7(76)	RC1
G53	UFVM39.7(MV3)	UFVM39.7(85)	RC1
G54	UFVM39.7(C4)	UFVM39.7(51)	RC1
G55	UFVM39.7(C18)	UFVM39.7(33)	RC1
G56	UFVM39.7(C1)	UFVM39.7(53)	RC1
G57	UFVM39.7(C8)	UFVM39.7(51)	RC1
G58	UFVM39.7(C11)	UFVM39.7(51)	RC1
G59	UFVM39.7(C17)	UFVM39.7(93)	RC1
G60	UFVM39.7(C15)	*UFVM39.7(76)	RC1

*Os genitores que deram origem aos genótipos avaliados, não foram incluídos nos testes de germinação devido ao número insuficiente de sementes obtidas.

**RC - Retrocruzamento; IC - Irmãos completos; UFVM - genótipo de maracujazeiro azedo oriundo do programa de melhoramento da Universidade Federal de Viçosa.

Considerando a estrutura genética de cruzamentos entre indivíduos aparentados, realizou-se um pré-teste de germinação, com amostras aleatórias dos genótipos selecionados. Constatando-se uma baixa e desuniforme germinação, portanto, para que não houvesse engano entre dormência e endogamia, e que os resultados evidenciassem a baixa germinação ocasionada pela endogamia, foi realizada a embebição em ácido giberélico (GA₃). O GA₃ promove melhores índices de germinação, pois estimula o crescimento do embrião dentro da semente, levando a uma germinação mais rápida e eficiente. A concentração utilizada foi de 500mg/L⁻¹ de ácido giberélico ProGibb® (10%, 5h) (SANTOS et al., 2016).

Para avaliação da germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento de plântulas e peso seco de plântulas, foram montados testes de germinação, com quatro repetições de 50 sementes para cada um dos genótipos. Previamente, foi aplicada uma solução do fungicida fludioxonil (Maxim® XL) na concentração de 0,1% sobre as sementes, para evitar possíveis contaminações fúngicas. Posteriormente, as sementes foram dispostas em substrato de papel umedecido com água na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco (BRASIL, 2009). Os rolos foram colocados em sacos de polietileno transparente e levados para germinadores regulados à temperatura de 20°C durante a noite e 30°C durante o dia, o fotoperíodo foi ajustado para 16 horas/noite e 8 horas/dia. As avaliações

fisiológicas foram realizadas segundo a Regra de Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

3.3.1. Teste de germinação (G%)

A avaliação da germinação foi realizada após 28 dias de implantação do teste, onde foram contabilizadas as plântulas normais, plântulas anormais e sementes não germinadas (Brasil, 2009) e os resultados expressos em porcentagem.

3.3.2. Índice de velocidade de germinação (IVG)

A cada dois dias foram contabilizadas as sementes que emitiram 0,5 cm do sistema radicular. Para o cálculo do IVG utilizou-se a fórmula proposta por Maguire (1962):

$$IVG = \frac{G1}{N1} + \frac{G2}{N2} + \dots + \frac{Gn}{Nn}$$

Em que:

IVG = índice de velocidade de germinação;
G1 a Gn = é o número de plântulas germinadas a cada dia;
N1 a Nn = Número de dias de cada contagem.

3.3.3. Comprimento de plântulas

Para o comprimento da parte aérea (CPA) e comprimento de raiz (CR) foram selecionadas, aleatoriamente, 10 plântulas de cada repetição. Uma régua graduada foi utilizada para mensurar o tamanho da parte aérea e do sistema radicular, sendo os resultados expressos em centímetros.

3.3.4. Peso seco de plântulas

Para determinar o peso da matéria seca, as 10 plântulas utilizadas para avaliação do comprimento de plântulas foram particionadas em parte aérea e raiz, e

armazenadas em envelopes de papel e levados para a estufa com circulação forçada de ar a 65 °C constante durante 72h. Após a secagem, as amostras foram colocadas para resfriar em dessecadores e pesadas em balança com precisão 0,0001g, sendo os resultados expressos em g/plântula.

3.3.5. Morfologia interna de sementes por meio de raios X

Para a análise da morfologia interna das sementes, foram utilizadas amostras aleatórias dez sementes de cada genótipo. As amostras de sementes foram posicionadas com o eixo embrionário voltado para baixo e fita adesiva fixada de forma ordenada sobre papel adesivo, para permitir posterior identificação individual nas análises posteriores. As sementes foram então colocadas dentro do equipamento de raios X digital Faxitron, modelo MX-20 (Faxitron X-ray Corp. Wheeling, IL, EUA). Para gerar as imagens radiográficas, o equipamento foi configurado com tempo de exposição à radiação de dez segundos, tensão de 26 kV, distância focal de 41,6 cm e contraste da imagem calibrado em 2629 (largura) x 6176 (centro). As imagens digitais geradas foram salvas em computador no formato TIFF.

3.4 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as variáveis que apresentaram diferenças significativas entre tratamentos, pelo teste F, foram submetidas ao teste de agrupamento de médias de Skott-Knott ao nível de significância de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$). As análises dos dados foram realizadas por meio do software Genes (CRUZ, 2016).

Modelo estatístico adotado foi:

$$Y_{ij} = m + G_i + E_{ij}$$

Onde:

Y_{ij} = observação referente ao i -ésimo efeito na j -ésima repetição;

m = média geral;

G_i = efeito do i -ésimo genótipo, $i = 1, 2, \dots, 60$;

E_{ij} = erro experimental.

3.4.1 Dissimilaridade entre os genótipos

Para analisar a diversidade genética entre os genótipos foi realizada uma análise de dissimilaridade. Na construção da matriz de dissimilaridade foram utilizados os dados das seis variáveis fisiológicas mensuradas, e em seguida feita uma análise de cluster usando o método de otimização de Tocher agrupamento. A análise de agrupamentos (cluster) foi realizada por meio do software estatístico R.

A contribuição relativa das variáveis foi calculada a partir do método proposto por Singh (1981), baseado nos coeficientes de similaridades da Distância de Mahalanobis, considerando todos os possíveis pares de indivíduos, para a parte devida a cada variável. As análises foram realizadas utilizando o software Genes (CRUZ, 2016).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com refere à germinação das sementes (G%) e ao índice de velocidade de germinação (IVG) ambos foram analisados para os 60 genótipos avaliados neste estudo. Para os demais variáveis, foram estudados apenas os genótipos que apresentaram valores de germinação superiores a 20%.

Houve efeito significativo ($p \leq 0,01$) dos genótipos para as variáveis germinação, IVG e %PA (Tabela 2), indicando comportamento distinto entre os genótipos. Entretanto, nenhum dos genótipos atingiu valores de germinação superiores a 90%. Posteriormente a detecção de significâncias, foi realizado um teste comparativo entre as médias que foram comparadas, pelo teste de Scott Knott, que permitiu a separação dos resultados em oito grupos distintos. As maiores médias de germinação foram registradas para os genótipos 4 e 45, que apresentaram 80% e 75% respectivamente. Do total de genótipos avaliados, 38,33% obtiveram baixa performance, exibindo médias inferiores a 20% de germinação, o que deve ser considerado ao realizar uma seleção, indicando possivelmente, que há um efeito genético restringindo esta variável.

Conforme mencionado por Posada (2012), considera-se que um genótipo de *Passiflora* possui uma alta viabilidade quando sua taxa de germinação é superior a 80%. Isso devido à sua característica de apresentar uma germinação assíncrona, o

que pode resultar em um período de germinação prolongado de mais de 30 dias, podendo se estender por meses em algumas espécies nativas.

Os resultados encontrados corroboram com os observados por Posada et al. (2014), que relataram germinação de 87% para maracujazeiro azedo e 71% para maracujazeiro roxo, semelhantes aos resultados deste estudo nos melhores genótipos (entre 80 e 75%) para o maracujazeiro azedo.

Tabela 2 – Resumo da análise de variância para índice de velocidade de germinação (IVG), germinação de sementes (%G) e plântulas anormais (%PA) de genótipos de maracujazeiro azedo em diferentes estruturas de cruzamento.

FV	GL	QM		
		IVG	% G	%PA
Genótipos	59	14,4399**	1747,94**	104,04**
Resíduo	180	0,1765**	27,032**	11,45**
Total	239			
Média		2,21	35,74	3,03
CV (%)		18,948	14,537	111,45

** - significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Os coeficientes de variação (CV%) foram de 18,94% para IVG e 14,53% para %G e a %PA apresentou o maior coeficiente de variação de 111,45%, pois alguns genótipos apresentaram números zeros, portanto a natureza da observação não foi homogênea.

De maneira semelhante à germinação, os resultados do IVG mostraram diferenças estatísticas entre os genótipos pelo teste de Scott-Knott (Tabela 3).

Os valores respostas para a variável IVG são apresentados na tabela 3, considerando a diferença estatística entre os genótipos e o teste de Scott Knott. Observa-se a existência de 10 grupos, evidenciando apenas o genótipo 4 como superior aos demais, com a maior velocidade de germinação, tendo em média 6,61 plântulas germinadas dia⁻¹. Em contrapartida, os genótipos 20, 7, 49, 59, 38, 29, 28, 55, 58, 2, 26, 30, 57, 60, 48, 56, 51, 52, 50 e 54, nesta ordem, compõem o grupo com o menor IVG, apresentaram valores médios relativamente baixos, oscilando entre 0,87 até 0,01.

Para a variável %PA, foram identificados cinco grupos distintos. A maioria dos genótipos apresentou uma baixa porcentagem de plântulas anormais, variando de 28,41% a 0%. O genótipo 30 demonstrou a taxa mais alta de PA, com 28,41%, seguido pelo genótipo 55, que apresentou 18,05%. Esses resultados podem ser

utilizados para o descarte de genótipos mais propensos à formação de plântulas anormais.

Welter et al. (2011) enfatizam a importância de um processo germinativo rápido e uniforme na família Passifloraceae, permitindo o maior número de plântulas uniformes em curto espaço de tempo. De acordo com Reed et al. (2022), para o sucesso da germinação muitas pesquisas se concentram na seleção de sementes de qualidade e os estudos de variação no vigor das sementes avançam explorando a base genética da variação, buscando cada vez mais aprimorar esta variável.

Em espécies alógamas à diferentes níveis de heterozigose e a presença de alelos recessivos e deletérios, portanto as populações manifestarão comportamentos distintos quando submetidas a autofecundação (BUENO et al., 2006). O aparecimento de características indesejáveis ou anomalias, ocorre devido à expressão de genes deletérios que se encontravam mascarados nos heterozigotos nas gerações anteriores. Essa expressão pode ocasionar a redução do vigor devido ao cruzamento entre os descendentes, reduzir a heterozigose e aumentar a homozigose de alelos deletérios (BORÉM, 2017).

Neste estudo foram utilizadas duas populações de genitores (UFVM 6.2 e UFVM 39.7) oriundos de progênies de irmãos completos. O genótipo UFV 6.2 está na quinta geração de autofecundação e o genótipo UFVM 39.7 atingiu uma geração adicional de autofecundação, estando na sexta geração de autofecundação. De acordo com os resultados, observou-se uma divergência oposta entre esses genótipos em relação aos índices de germinação e IGV, com UFVM 6.2 exibindo valores positivos e satisfatórios de germinação, enquanto UFVM 39.7 demonstrou germinação de baixa a média magnitude.

Com base nos dados apresentados nas Tabelas 3 e 4, podemos inferir que os genótipos oriundos do genitor UFVM 6.2 apresentaram potencial para serem explorados no programa de melhoramento, refere as características avaliadas (Tabela 3), devido ao interesse dessas características para propagação de plantas mais vigorosas. No entanto, foi observado um comportamento oposto nos genótipos provenientes do genitor 39.7, os quais apresentaram uma germinação inferior e uma maior proporção de plantas anormais.

Conforme relatado por Santos et al. (2015), é totalmente plausível que o mesmo fenômeno não exista em dois genótipos, pois é improvável que todas as plantas originais fossem heterozigotas em potenciais loci de genes.

De acordo com Pádua et al. (2011) a germinação de espécies de *Passiflora* pode ser afetada por fatores de origem genética, devido à variação entre espécies e genótipos, corroborando os resultados que foram observados neste estudo, pois os diferentes genótipos de maracujazeiro apresentaram diferentes porcentagens de germinação.

Tabela 3 – Agrupamento de médias para as variáveis germinação e índice de velocidade de germinação (IVG) referentes aos 60 genótipos de maracujazeiro azedo em diferentes estruturas de cruzamento.

Genótipo	Germinação (%)	Genótipo	IVG (semente dia ⁻¹)	Genótipo	%PA
4	80.47 a	4	6.61 a	30	28.41
45	75.38 a	40	6.02 b	55	18.05
13	69.86 b	18	5,60 c	60	14.99
5	69.22 b	45	5,60 c	41	9.83
40	68.28 b	13	5,54 c	42	9.68
9	67.17 b	5	5,18 d	23	8.66
18	66.98 b	27	5,17 d	56	7.80
10	66.42 b	34	5,03 d	35	7.80
12	64.23 b	10	4,93 d	27	7.61
44	62.88 b	43	4,88 d	50	6.95
3	61.81 b	9	4,67 e	43	6.95
43	59.94 b	12	4,59 e	49	4.92
27	57.38 c	3	4,51 e	34	4.92
34	57.28 c	14	4,28 e	21	4.92
14	54,97 c	23	4,17 e	39	4.07
23	53,89 c	44	3,55 f	36	4.07
16	45,27 d	36	3,25 f	28	4.07
8	43,81 d	16	2,74 g	7	4.07
36	43,56 d	32	2,49 g	59	2.03
6	40,74 e	46	2,37 g	57	2.03
22	39,47 e	41	2,37 g	54	2.03
39	38,60 e	6	2,32 g	53	2.03
32	38,54 e	22	2,16 g	51	2.03
24	37,45 e	8	2,14 g	46	2.03
25	37,32 e	25	2,13 g	45	2.03
46	36,79 e	1	1,94 h	40	2.03
1	36,54 e	17	1,87 h	32	2.03
41	35,84 e	24	1,86 h	19	2.03
17	35,15 e	39	1,85 h	5	2.03
37	34,02 e	31	1,71 h	2	2.03
53	33,78 e	21	1,64 h	58	.
47	33,50 e	53	1,56 h	52	.
21	29,29 f	37	1,46 h	48	.
11	29,14 f	33	1,45 h	47	.

38	28,39 f	47	1,43 h	44	.
35	27,69 f	35	1,38 h	38	.
19	27,59 f	19	1,29 h	37	.
33	27,53 f	11	1,24 h	33	.
15	27,43 f	42	1,13 i	31	.
59	25,88 f	15	1,05 i	29	.
42	24,63 f	20	0,87 i	26	.
7	23,01 f	7	0,83 i	25	.
31	22,35 f	49	0,79 i	24	.
49	21,91 f	59	0,77 i	22	.
20	21,83 f	38	0,67 i	20	.
28	20,80 f	29	0,57 i	18	.
29	18,85 g	28	0,55 i	17	.
2	17,09 g	55	0,49 j	16	.
55	16,70 g	58	0,40 j	15	.
58	15,70 g	2	0,39 j	14	.
26	13,98 g	26	0,38 j	13	.
30	13,73 g	30	0,34 j	12	.
48	10,68 g	57	0,13 j	11	.
57	9,12 h	60	0,12 j	10	.
56	6,94 h	48	0,12 j	9	.
60	5,76 h	56	0,10 j	8	.
51	4,91 h	51	0,09 j	6	.
52	4,06 h	52	0,07 j	4	.
50	2,03 h	50	0,02 j	3	.
54	2,03 h	54	0,01 j	1	.
Média	35.76		2,21		3,03

Teste de *Scott-Knott* ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 4 – Comparação de médias para as variáveis germinação (%G) e plântulas anormais (%PA) entre as estruturas genéticas dos genótipos

Média	%G	%PA
Irmãos completos intrapopulacionais 6.2	49.96	0.45
Irmãos completos intrapopulacionais 39.7	33.93	3.97
Irmãos completos interpopulacionais 39.7 x 6.2	26.24	2.31
Irmãos completos RC 6.2	49.66	4.07
Irmãos completos RC 39.7	12.27	4.84

Para Krzyzanowsk et al. (2018), os testes de vigor são muito utilizados para determinação de qualidade fisiológica de sementes, permitindo identificar os lotes com melhor vigor e maior probabilidade de elevado desempenho, contribuindo para que altos níveis de produtividade sejam alcançados. Entre os testes de vigor mais reconhecidos o IVG é o teste mais amplamente utilizado, pois permite coletar dados durante o teste de germinação. A velocidade de germinação está diretamente

relacionada ao vigor das sementes, sendo considerada um indicador de sua qualidade (SILVA; VIEIRA, 2006).

Os resultados das variáveis IVG, %G e %PA forneceram informações que permitiram excluir genótipos que apresentavam desempenho inferior para as variáveis importantes. No ranqueamento dos menores valores predominaram os genótipos oriundos do genitor UFVM 39.7 geração (RC₁), o que ocorreu devido ao baixo potencial para germinar (Tabela 3). Portanto, foi realizada uma seleção com base nos resultados, utilizando como critério, selecionar apenas os genótipos com valores superiores a 20% de germinação.

Conforme estudado por Santos et al. (2016), as sementes de *P. edulis* apresentam de maneira geral elevada taxa de emergência em comparação com outras espécies, como a *P. alata*, *P. setacea* e *P. cincinnata* que apresentaram taxas muito variadas de emergência. Os autores avaliaram a influência de várias doses de GA₃ na emergência de plântulas em diferentes espécies de maracujazeiro e obtiveram resultados superiores ao encontrados neste estudo, as sementes *P. edulis* apresentaram valores elevados 85% ~ 97% para emergência.

A propagação de *Passiflora* é feita preferencialmente por sementes, portanto há uma necessidade de uniformidade no desenvolvimento das plantas, o que se inicia na germinação das sementes e na emergência das plântulas. E uma boa capacidade combinatória é essencial para a obtenção de progênies com sementes de alta qualidade. Os fatores de origem genética podem interferir na germinação, afetando principalmente o vigor, devido à variação entre espécies e cultivares, ocasionando baixa germinação (PÁDUA et al., 2011; JOSÉ et al., 2019; ROSADO et al., 2020). A redução no vigor é diretamente proporcional à mudança na heterozigosidade da população, portanto, quanto maior a heterozigosidade, maior o rendimento (HALLAUER et al., 2010).

De acordo com Santos et al. (2015) o tipo de progênie determina o controle da germinação que estar relacionado à composição genética do embrião, pois o tecido materno da semente tem a mesma origem, e assim a dormência é referente ao genótipo do embrião.

O genótipo materno tem mecanismos desenvolvidos para manter controle sobre o comportamento de sementes na descendência, produzindo heterogeneidade nas propriedades da semente, sendo capaz de produzir sementes com diferentes propensões para germinar. De forma similar, mecanismos como a ligação genética

permite que certos genes da mãe ou do pai sejam seletivamente silenciados, por isso, a contribuição materna para a semente é substancial (PENFIELD, 2017).

Para IVG, o genótipo 4 apresentou a maior velocidade de germinação (Tabela 3), com média de 6,61 índice superior aos encontrados por Rosado et al. (2020) que avaliando a germinação e o vigor das sementes de *Passiflora* oriundas da estrutura híbrida, encontrou o valor de 4,41 para o melhor tratamento referente ao índice de velocidade de germinação (genótipo/híbrido).

Com relação a morfologia interna das sementes de *P. edulis*, as imagens foram obtidas através de equipamentos de raios X e possibilitaram uma visualização clara da estrutura interna principal das sementes. Com os dados obtidos nas radiografias, verificou-se três categorias de sementes encontradas (cheias, vazias e malformadas).

Nas figuras, podemos observar o preenchimento da cavidade interna de sementes oriundas de dois genótipos de maracujazeiro azedo, pode-se observar a presença de sementes bem desenvolvidas (preenchida), capazes de gerar plântulas normais. Entretanto, também é possível observar em algumas sementes a presença de danos causados por malformações, os quais acarretam prejuízos à capacidade de germinação das sementes. Esses danos podem afetar o eixo embrionário ou comprometer o desenvolvimento do endosperma, resultando na presença de sementes inviáveis, sementes que não germinam ou plântulas anormais.

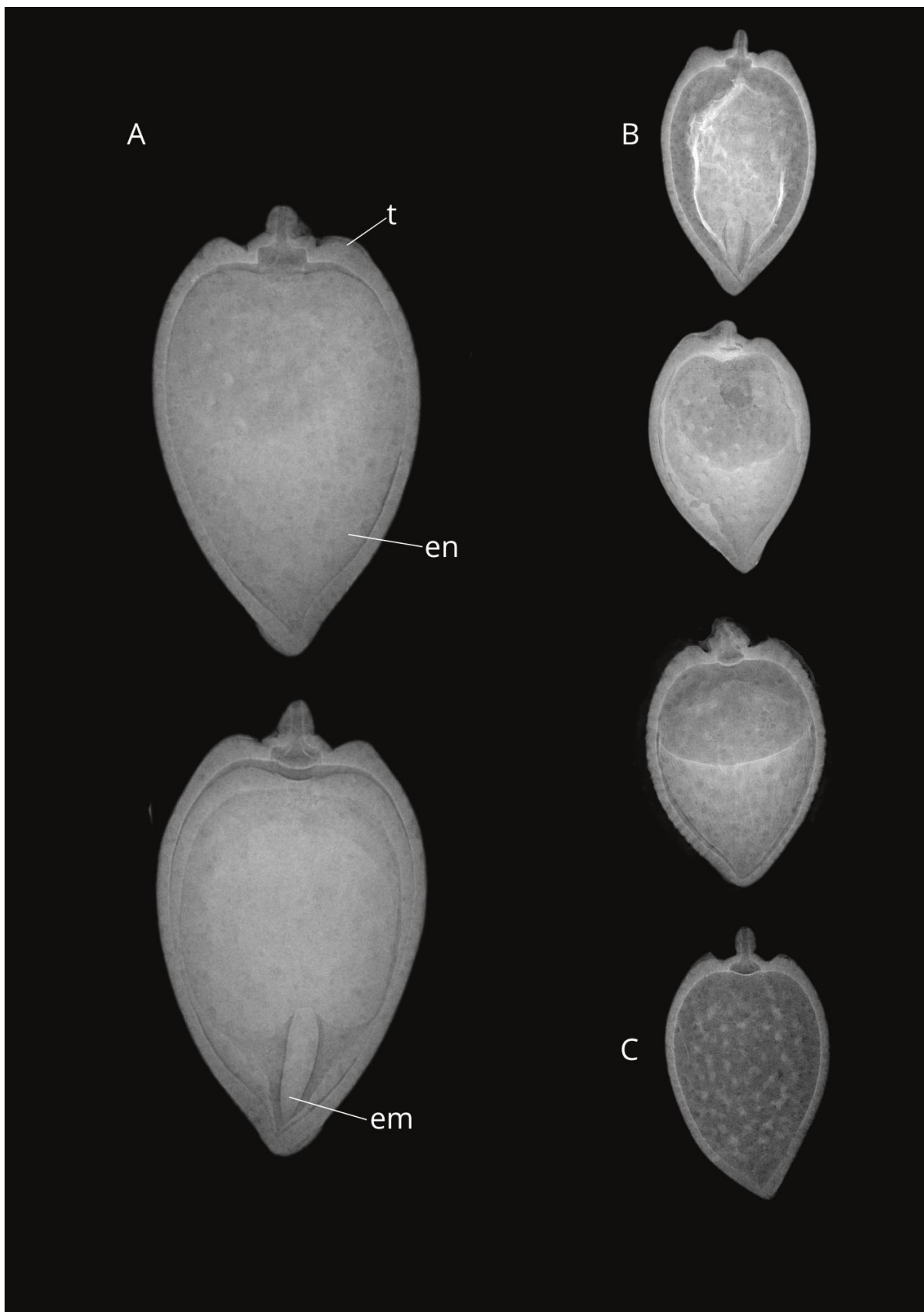


Figura 3 - Imagens radiográficas de sementes de *P. edulis* com indicações das partes internas de uma semente bem formada A: t – tegumento; en – endosperma; em – embrião, sementes vazias (B), e sementes com malformação visível (C).

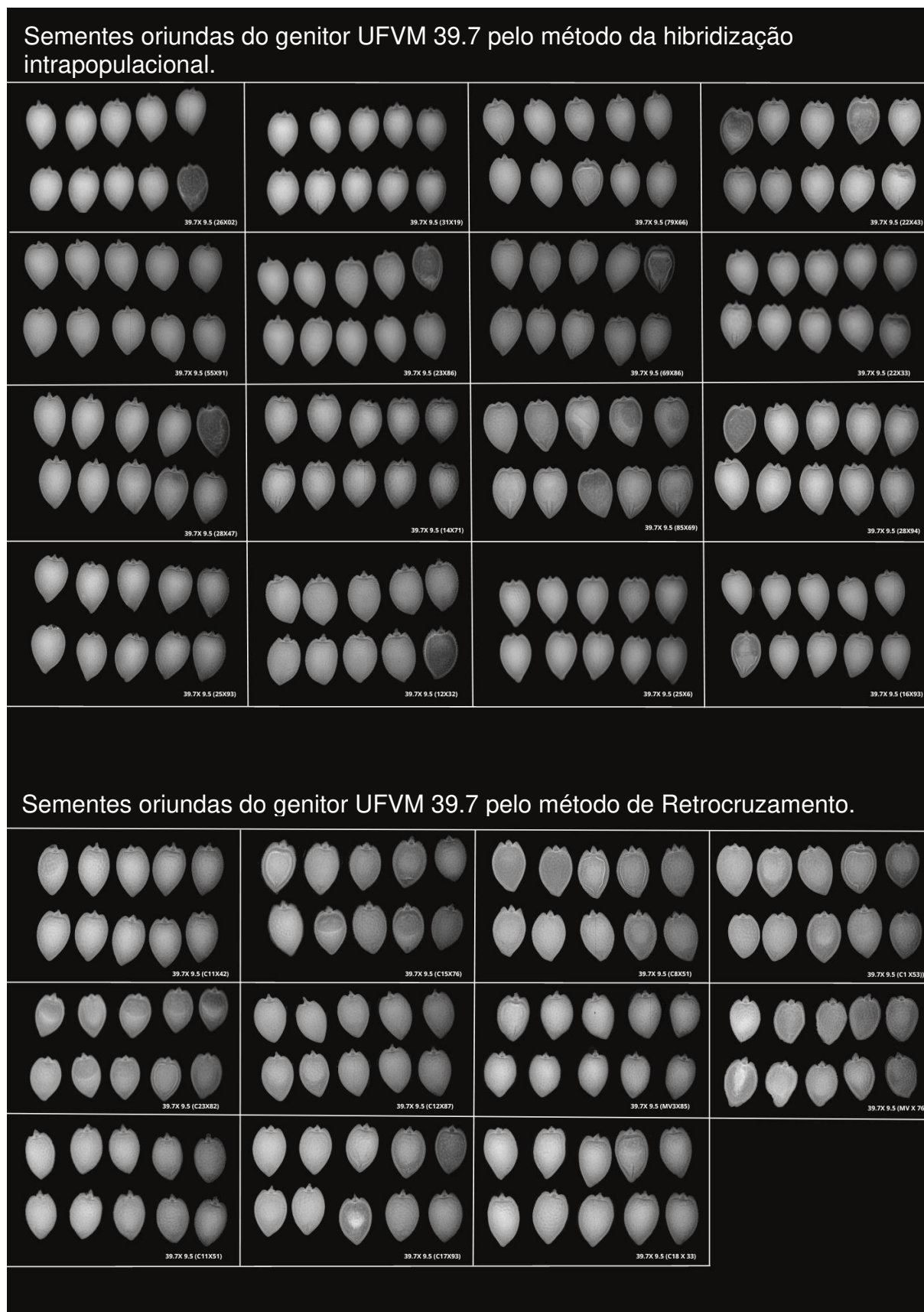


Figura 4 - Imagens radiográficas de sementes de maracujá (*P. edulis*) oriundas do genitor UFVM 39.7.

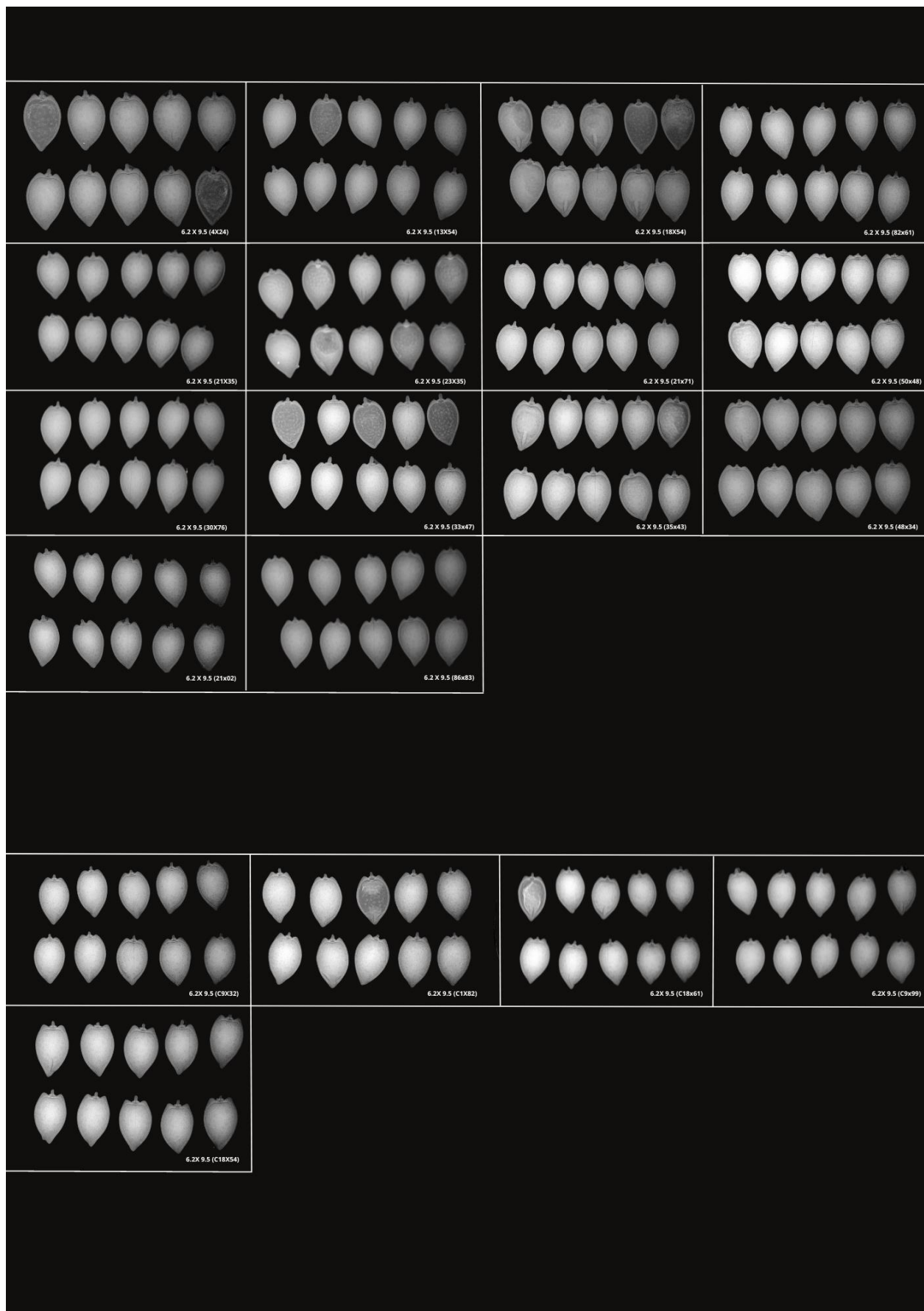


Figura 5 - Imagens radiográficas de sementes de maracujá (*P. edulis*) oriundas do genitor UFVM 6.2.

Um dos requisitos básicos para identificar problemas associados ao potencial fisiológico das sementes é a investigação da sua morfologia interna (GOMES-JUNIOR, 2010). Pesquisas mostraram uma relação entre a ocorrência de sementes malformadas e a perda de germinação (SILVA et al., 2012; TRUJILLO et al., 2019)

Através da técnica de raios X é possível correlacionar a morfologia das sementes com a germinação ou a morfologia das plântulas de várias espécies agrícolas (SANTOS et al., 2009; PINTO et al., 2009). Quanto à ocorrência de sementes malformadas, embora as razões para esse fenômeno não sejam completamente esclarecidas, acredita-se que seja determinado pelo genótipo (MENDES; BACCHI, 1940; GOULART et al., 2007).

De acordo com Faria et al. (2020) a presença de sementes malformadas em espécies de *Passiflora* pode ser atribuída a inadequação no processo de formação das sementes, incluindo problemas durante a polinização, fertilização, maturação das sementes, ou ainda condições climáticas desfavoráveis para o cultivo da espécie.

A análise de imagens de raios X fornece informações sobre a estrutura interna das sementes, auxiliando na determinação da viabilidade de sementes, embora não seja considerada um teste de viabilidade como os de germinação e tetrazólio, fornece informações que permitem a seleção e descarte de sementes ou lotes de baixa qualidade física e fisiológica. Entretanto, para uma avaliação precisa do potencial fisiológico, é necessário verificar os dados de qualidade fisiológica dos lotes de sementes (OLIVEIRA, 2000; MEDEIROS et al., 2020).

Assim, através das imagens de raio x em sementes de maracujazeiro azedo, podemos identificar amostras que apresentam um elevado número de sementes vazias ou malformadas, as quais não germinaram ou originaram plântulas anormais. Esses resultados corroboram a constatação de que as sementes provenientes do genótipo 39.7 apresentam uma morfologia interna mais comprometida, apresentando danos internos não observados externamente nas sementes, exibindo como evidência um reduzido potencial fisiológico comprovado pelos testes de germinação, IVG e %PA.

A análise dos dados identificou diferença significativa ($p \leq 0,01$) entre os genótipos para as variáveis CPA, CR, PSPA, e não significativa PSR (Tabela 5). Os

coeficientes de variação apresentaram baixa magnitude para maioria das características, indicando boa precisão experimental (Tabela 5).

Ao apurar o comprimento da parte aérea (CPA), os valores médios foram distribuídos em quatro grupos A, B, C e D, formados por 7, 18, 8 e 4 genótipos, respectivamente. O Grupo A apresentou as maiores médias, sendo composto pelos genótipos 15, 1, 17, 37, 16, 3 e 36 com média de CPA entre 7,94 e 8,74 cm. Os genótipos 45, 44, 47 e 31, que compõem o grupo D, apresentaram os menores valores no ranking, com médias variando entre 4,56 e 5,64 cm.

Vários fatores podem levar a um menor desenvolvimento das plântulas, incluindo uma taxa deterioração e a mal formação de sementes. Segundo Ebone et al. (2019), a deterioração induz um aumento significativo nas taxas respiratórias das sementes e leva à produção excessiva de espécies reativas de oxigênio, o que causa uma série de mudanças celulares que reduzem a germinação e o vigor.

Entre as diversas alterações celulares induzidas pelo estresse oxidativo nas sementes, são citados: o consumo de reservas, danos em ácidos nucleicos, a degradação de proteínas etc. (WANG, MA, SONG, SHU, et al., 2012). Portanto, se semente está deteriorada ou malformada, há uma maior taxa respiratória e conseqüentemente maior quebra de cadeias carbônicas, maior peroxidação de lipídeos, etc. Tudo isso contribui para uma menor disponibilidade de reservas para o desenvolvimento das plântulas.

A deterioração das sementes pode estar associada a diversos fatores, incluindo fatores genéticos, condições de armazenamento, atraso na colheita, envelhecimento das sementes, desequilíbrio hormonal, teor de lignina e outros (BONIECKA et al., 2019; EBONE et al., 2019).

Para o comprimento da raiz (CR) os genótipos apresentaram diferenças significativas, variando de 3,86 a 8,04 cm. O genótipo 53 apresentou o menor comprimento de raiz, com média 3,86 cm. Os destaques foram os genótipos 44, 43, 41, 6, 4, 46, 14, 1, 40, 45, 8, 5, 21, com valores médios oscilando de 7,39 a 8,04 cm.

Rodrigues et al. (2020), ao avaliarem a germinação de sementes de diferentes progênies de meios-irmãos de maracujazeiro azedo ao terceiro ciclo de seleção recorrente obtiveram valores médios de 5,8 a 6,4 cm para comprimento da raiz. Resultados semelhantes aos relatados por Rodrigues et al. (2022) foram descritos para os melhores genótipos encontrados no experimento com valores médios de 5,96 a 6,49 cm, para o comprimento da raiz. Com base em ambos os

resultados, é possível constatar neste estudo que os genótipos oriundos de populações endogâmicas demonstraram desempenho muito similar ou superior aos valores relatados nos estudos de melhoramento da espécie para a característica CR.

Considerando a variável peso seco da parte aérea (PSPA), segundo o teste de agrupamento de médias, os genótipos foram agrupados em quatro grupos. Os genótipos 25, 17, 23, 9, 36, 3, 39 e 33 apresentaram variação média de 49,5 a 55,5 mg para PSPA (Tabela 5).

Resultados superiores foram obtidos por Lima et al. (2019) ao investigarem a germinação de sementes de maracujazeiro azedo em diferentes teores de água (10 a 14%) obtiveram valores médios de 76,13 a 78,22 mg. As variações encontradas entre os valores mínimos e máximos das variáveis avaliadas neste estudo, representam um indício da existência de variabilidade genética populacional, possibilitando a exploração ou manutenção de parâmetros nas populações da espécie. Os dados discutidos acima são relevantes para o melhoramento genético do maracujazeiro, mas uma análise mais eficiente do grau de diversidade entre e dentro das populações deve ser realizada por meio de procedimentos multivariados, na investigação de alelos e/ou combinações genotípicas mais favoráveis.

De acordo com Santos et al. (2015), o conhecimento da variabilidade genética do maracujazeiro na população traz informações que podem indicar valiosos recursos genéticos e auxiliam o melhorista na tomada de decisão sobre os próximos ciclos de seleção. Portanto, estudos sobre a diversidade por meio de variáveis fisiológicas, associados às estimativas dos parâmetros genéticos e o uso de análises multivariadas, podem contribuir para aumentar a eficiência no processo de seleção (MAROSTEGA et al., 2017) gerando maiores ganhos através da seleção de genótipos divergentes de alto potencial germinativo para uso no programa de melhoramento.

Tabela 5 – Agrupamento de médias para variáveis fisiológicas: CPA - Comprimento de parte aérea (cm); CR – Comprimento de raiz (cm); PSPA – Peso seco da parte aérea (mg); PSR – Peso seco da raiz, referentes aos 37 genótipos de maracujazeiro azedo em diferentes estruturas de cruzamento.

Genótipo	CPA	Genótipo	CR	Genótipo	PSPA	Genótipo	PSR
15	8,74 a	44	8,04 a	25	55,50 a	41	56,75 a
1	8,60 a	43	8,02 a	17	54,00 a	5	19,75 a
17	8,59 a	41	7,76 a	23	53,50 a	40	19,50 a

37	8,11 a	6	7,76 a	9	52,75 a	17	19,25 a
16	8,08 a	4	7,70 a	36	50,25 a	34	19,25 a
3	7,99 a	46	7,63 a	3	50,00 a	47	19,00 a
36	7,94 a	14	7,63 a	39	50,00 a	11	18,75 a
6	7,67 b	1	7,61 a	33	49,50 a	1	18,75 a
39	7,57 b	40	7,58 a	32	49,00 b	13	18,50 a
12	7,51 b	45	7,56 a	21	48,25 b	44	18,50 a
25	7,49 b	8	7,49 a	35	47,75 b	21	18,50 a
23	7,49 b	5	7,47 a	27	47,00 b	6	18,25 a
5	7,46 b	21	7,39 a	11	47,00 b	14	18,00 a
21	7,36 b	15	7,29 b	16	47,00 b	46	17,75 a
41	7,36 b	25	7,25 b	47	47,00 b	25	17,75 a
27	7,34 b	3	7,25 b	14	46,75 b	23	17,50 a
4	7,28 b	47	7,21 b	8	46,25 b	45	17,50 a
46	7,10 b	17	7,17 b	12	46,00 b	10	17,25 a
35	7,07 b	9	7,12 b	22	45,50 b	27	17,00 a
34	7,00 b	12	7,05 b	6	45,25 b	4	17,00 a
24	6,94 b	39	7,00 b	1	45,00 b	36	16,75 a
32	6,89 b	16	6,95 b	24	44,25 b	43	16,75 a
8	6,89 b	13	6,89 b	15	44,00 b	9	16,50 a
14	6,85 b	22	6,88 b	41	43,50 c	16	16,25 a
9	6,83 b	37	6,72 b	5	43,00 c	22	16,25 a
11	6,64 c	11	6,56 b	13	42,75 c	35	16,00 a
33	6,51 c	10	6,47 c	43	42,50 c	12	15,75 a
22	6,39 c	23	6,38 c	40	42,50 c	3	15,75 a
10	6,38 c	36	6,33 c	37	42,00 c	39	15,25 a
40	6,24 c	24	6,13 c	4	42,00 c	8	15,00 a
13	6,19 c	35	6,11 c	46	41,50 c	15	15,00 a
43	5,95 c	27	6,01 c	44	39,25 c	32	12,25 a
53	5,86 c	32	5,86 c	45	39,25 c	31	12,25 a
45	5,64 d	34	5,84 c	10	38,25 c	33	12,00 a
44	5,45 d	33	5,03 d	34	38,00 c	24	12,00 a
47	5,04 d	31	4,92 d	31	29,50 d	37	11,00 a
31	4,56 d	53	3,86 e	53	26,50 d	53	07,50 a
Média	7,00	-	6,86	-	44,91	-	17,47
CV %	9,32	-	6,56	-	10,90	-	78,00

* Teste de *Scott-Knott* ao nível de 5% de probabilidade.

A análise da divergência genética permitiu separar os genótipos de *P. edulis* com base nas variáveis quantitativas das sementes, por meio do método de agrupamento Tocher. Através da dissimilaridade genética formaram-se cinco grupos distintos: o grupo I foi composto por 15 genótipos representando (40,54% da população), grupo II foi formado por 18 genótipos, representando o maior grupo

(48,64%), grupo III formado por dois genótipos (31 e 33) e os grupos IV, V compostos por apenas um genótipo (53 e 44), respectivamente (Tabela 6).

Os genótipos do grupo I apresentaram maiores médias para as seguintes variáveis: G% e CPA. O IVG foi acima de 4 sementes/dia⁻¹, portanto, os genótipos que pertencem a este grupo podem ser considerados os mais vigorosos. O grupo II foi formado por 18 genótipos, que apresentam valores medianos para todas as variáveis avaliadas, exceto para CPA, com crescimento superior a 7 cm/planta⁻¹ (Tabela 5 e 6). O grupo III engloba os genótipos 31 e 33, apresentou os menores valores para %G e CPA. O grupo IV composto pelo genótipo 53 apresentou menores médias para CPA, CR e PSPA e o grupo V, o genótipo 44 apresentou menor média para CPA, sendo o grupo IV e V os mais distantes geneticamente.

Tabela 6 – Grupos de genótipos de maracujazeiro azedo em diferentes estruturas de cruzamento estabelecidos pelo método de Tocher, com base na dissimilaridade genética entre seis variáveis fisiológicas.

Grupos	Genótipos
I	3, 12, 5, 9, 10, 13, 14, 45, 43, 4, 40, 23, 34, 27, 36
II	11, 35, 24, 22, 39, 25, 21, 17, 6, 16, 37, 1, 8, 46, 15, 32, 41, 47
III	31, 33
IV	44
V	53

Para entender a contribuição das variáveis avaliadas na dissimilaridade dos genótipos, foi realizada uma análise discriminante por meio da análise de componentes principais. Os resultados da análise, valores em percentuais, constituem a medida da importância relativa da variável para o estudo da diversidade genética de acordo com o método proposto por Singh (1981) (Tabela 6).

De acordo com a relevância da contribuição, as variáveis de comprimento da raiz, peso seco da parte aérea e peso seco da raiz foram pouco informativas para avaliação da dissimilaridade genética do maracujazeiro, com pequenas magnitudes de contribuição. De posse dessas informações, o descarte das variáveis que pouco contribuíram para distinção dos genótipos, é indicado, e maiores esforços podem ser concentrados nas avaliações de outras variáveis (Tabela 6). As variáveis fisiológicas que mais contribuíram para a diferenciação dos genótipos, ou seja, com os maiores valores de contribuição relativa, foram IVG (36,62%), G % (30,83) e CPA (16,65%) (Tabela 7).

Em estudos com genótipos de *Passiflora*, Marostega et al. (2017) avaliaram a divergência entre genótipos, seus resultados ressaltam a variável índice de velocidade de germinação como a que mais contribuiu para a divergência genética, pois caracterizam a existência e o grau de dormência e/ou depressão endogâmica, contribuindo para a seleção dos acessos nos programas de melhoramento. As variáveis, massa da semente, comprimento da semente, porcentagem de emergência, porcentagem de germinação, massa seca da plântula e comprimento da radícula apresentaram as menores estimativas de contribuição, não sendo relevantes para a avaliação da divergência.

Torres et al. (2019) ao avaliarem uma população segregante de *Passiflora*, relataram que a diversidade genética pode ser estimada a partir das variáveis fisiológicas das sementes, de maneira mais precoce e rápida, do que a estimativa da diversidade a partir de variáveis fisiológicas de sementes. No entanto, para Venora et al. (2007) as variáveis fisiológicas não podem ser negligenciadas, pois são indispensáveis, para conhecimento das condições em campo e importantes para a seleção de genótipos superiores em programas de melhoramento.

Tabela 7 – Importância relativa de seis variáveis fisiológicas de sementes avaliadas em 37 genótipos de irmãos completos de maracujazeiro azedo em diferentes estruturas de cruzamento.

Variável Canônica	Autovalor	Explicação (%)	Explicação acumulada (%)
IVG	2,1975	36,6250	36,6250
G%	1,8499	30,8327	67,4577
CPA	0,9991	16,6525	84,1103
CR	0,5012	8,3546	92,4650
PSPA	0,4222	7,0382	99,5032
PSR	0,0298	0,4967	100

IVG - índice de velocidade de germinação, G% - germinação, CPA - Comprimento de parte aérea (cm), CR - Comprimento de raiz (cm), PSPA - Peso seco da parte aérea (mg) e PSR - Peso seco de raiz (mg).

De acordo com Teixeira et al. (2012) ao avaliarem as variáveis fisiológicas e a estimativa de suas associações entre as mesmas, é importante para programas de melhoramento, pois auxiliam os melhoristas na seleção e descarte precoce de acessos. Porém, nem sempre é possível avaliar todas as variáveis desejadas, por

ser oneroso, demanda tempo e mão de obra especializada. Desta forma, distinguir as variáveis mais importantes daquelas que menos contribuem para a seleção, otimizar os recursos nos programa de melhoramento, permitindo selecionar com eficiência genótipos em estágio juvenil utilizando o menor número de variáveis possível.

A análise de componentes principais é uma das técnicas de análise multivariada que pode ser utilizada em estudos de divergência genética e agrupamento entre indivíduos, além ser amplamente aplicadas no melhoramento de plantas (REGAZZI, 2000; CRUZ et al., 2011).

Com base nos resultados obtidos pela técnica dos componentes principais, o componente principal 1 (CP1) explica 36,62% da variação dos dados, os valores foram obtidos com a variável IVG. O segundo vetor componente principal 2 (CP2), que explica 30,83% da variabilidade dos dados, foram obtidos com a variável G%. Dessa forma, os dois primeiros CPs foram responsáveis por 67,45% da variabilidade total dos dados (Figura 3).

De maneira semelhante, Negreiros et al. (2008) ao trabalharem com diversidade genética entre progênies de maracujazeiro com base em variáveis de sementes, verificaram que a porcentagem de germinação, número de folhas e IVE foram as variáveis que mais contribuíram para a divergência genética e explicam 84,44% da variação total. Resultados que reforçam a importância da germinação para a seleção de genótipos dessa espécie.

No entanto Hiega et al. (2021), em estudo com sete variáveis avaliadas para a divergência entre mudas de *P. cristalina*, encontraram maiores contribuições para a divergência genética nas variáveis comprimento de plântula e comprimento da raiz, suficientes para explicar 89,99% da variância total das variáveis. Enquanto, Marostega et al. (2017) em estudo de divergência genética entre acessos de *Passiflora* com base nas características morfofisiológicas das sementes verificaram que apenas três componentes principais eram suficientes para explica 73,78% da distribuição total, as variáveis de maior importância foram: massa da semente, o comprimento da semente e o índice de velocidade de germinação.

O gráfico de dispersão, utilizando apenas os valores dos CPA 1 e CP2, estão representados na figura 2, como os dois primeiros componentes gerados a partir desta análise que tem autovalores > 1 ($\lambda_i > 1$) (FRAGA et al., 2015) e foram responsáveis por 67,45% da variância total no conjunto de dados.

O método de análise de componentes principais foi aplicado por Marostega et al. (2017) e Hiega (2021) ambos utilizaram a análise de agrupamento e a análise de componentes principais como ferramenta na diferenciação entre espécies de *Passiflora*. Os componentes principais resumem efetivamente a variância amostral total e podem ser utilizados para o estudo do conjunto de dados. A partir desses resultados pode-se observar a dispersão de cada genótipos em torno dos centroides das populações. Os genótipos apresentaram diferenciação genética dentro das populações. Os grupos 1 e 2 (Figura 6), diferenciaram-se na dispersão dos genótipos, indicando possivelmente que ambos constituem alelos favoráveis, portanto, poderíamos selecionar bons genitores, principalmente na população I. Essa estratégia é essencial para identificar cruzamentos promissores e conseqüentemente, acumularia alelos favoráveis e exploraria a diversidade genéticas no programa de melhoramento da UFV.

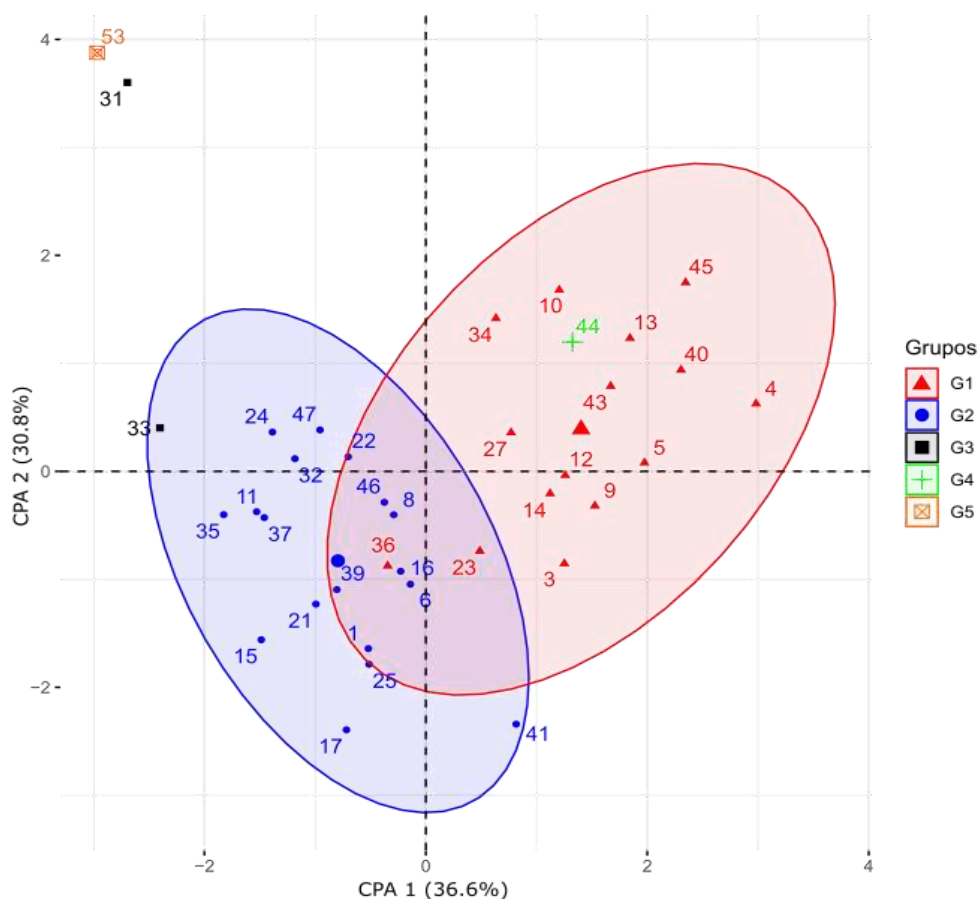


Figura 6 – Gráfico de dispersão bidimensional obtidos por meio de análise de função discriminante e estimada por componentes principais (CP1 e CP2) utilizando 37 genótipos de maracujazeiro azedo. Viçosa, UFV, 2023.

O uso de uma rede de correlações pode ser uma estratégia valiosa para aumentar a eficiência da seleção no melhoramento. Ao empregar essa abordagem, é possível identificar de maneira rápida os pares de variáveis que apresentam correlações mais robustas, bem como determinar quais grupos de variáveis exercem uma influência mais significativa nas variáveis mais importantes para o programa de melhoramento. Além disso, a rede de correlações permite identificar os conjuntos de variáveis que estão correlacionados entre si, proporcionando uma visão abrangente das inter-relações dentro do sistema de melhoramento.

A rede de correlações genotípicas apresentada na Figura (7) é constituída por todas as variáveis analisadas neste estudo. A espessura da linha é proporcional à magnitude da correlação. As linhas em destaque apresentam correlação em módulo maior que 0,5. A maior correlação ocorreu entre G e IVG ($r = 0,96$). Essas correlações são importantes para entender a importância das variáveis em estudos de diversidade e para orientar futuras estratégias de seleção.

Rede de Similaridade

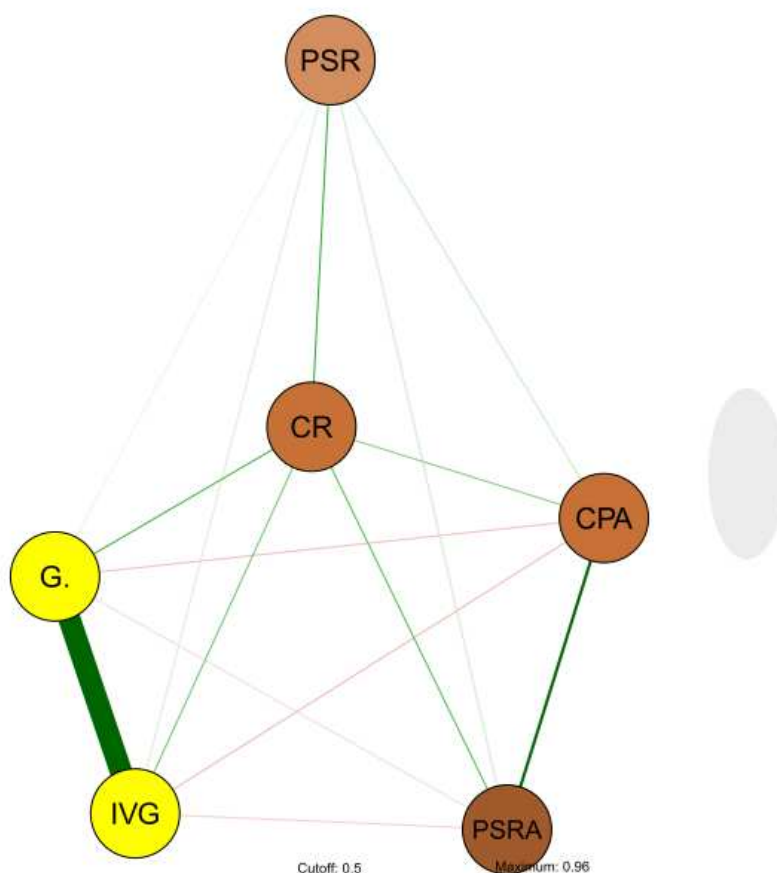


Figura 7 – Rede de correlação entre grupos de variáveis.

Nos programas de melhoramento, um dos principais objetivos é a obtenção de progênies superiores, portanto, seguir o princípio da escolha de genótipos com boas médias para as variáveis avaliadas permite obtenção de populações segregantes promissoras quanto ao potencial germinativo e vigor de sementes. Nesse contexto, de acordo com as análises realizadas para avaliar a diversidade genética entre os genótipos de *Passiflora*, inferiu-se que o conhecimento sobre os aspectos da germinação de sementes de vários genótipos de maracujá, é fundamental para o desempenho germinativo e agrônômico.

Os genótipos avaliados apresentaram potencial germinativo e vigor, bem como divergência genética para atributos relacionados à qualidade fisiológicas das sementes. Houve a formação de cinco grupos divergentes pelo método Tocher, as variáveis: índice de velocidade de geminação e a germinação contribuíram para explicar a dissimilaridade entre as famílias.

Assim, com base nos dados obtidos neste estudo, os genótipos promissores estão agrupados no grupo I (3, 12, 5, 9, 10, 13, 14, 45, 43, 4, 40, 23, 34, 27 e 36), os genótipos que constituem este grupo são descendentes do genitor UFVM 6.2 em grande maioria, apresentando desempenho promissores, entre gerações de autofecundação, tanto as progênies de irmãos completos S_1 ou os descendentes oriundos de retrocruzamento (RC_1). Isso revela que o acasalamento entre indivíduos aparentados em diferentes estruturas não resultou em consequências negativas nesta população. Portanto, cruzamentos entre os melhores genótipos dessa população podem contribuir significativamente para a obtenção de genótipos superiores nas próximas etapas do melhoramento.

Entretanto, a população oriunda do genitor UFVM39.7 apresentaram médias inferiores nas diferentes estruturas das populações, principalmente na geração retrocruzamento (RC_1), apresentando comportamento decrescente no caráter germinação ao longo das gerações, indicando possivelmente presença de alelos deletérios na população, revelando os efeitos prejudiciais da endogamia, como a ocorrência da depressão por endogamia.

5. CONCLUSÕES

Os genótipos de irmãos completos de maracujazeiro apresentaram divergência genética relacionadas ao potencial germinativo e o vigor das sementes. Tais resultados são promissores para a escolha de genótipos superiores, visando à obtenção de materiais com elevado vigor e conseqüentemente maior qualidade nas sementes. A germinação e IVG foram as variáveis mais importantes para o estudo da diversidade, mas todas as outras são relevantes para inferir sobre a diversidade genética.

Dentre os genótipos avaliados, os genótipos 4 e 45 apresentaram os melhores potenciais germinativos. Os genótipos oriundos do genitor UFVM 6.2 apresentam bons indicadores de vigor por meio do desenvolvimento de plântulas. Entretanto, para genótipos oriundos do genitor UFVM 39.7 foram observados resultados germinativos inferiores, verificando que os avanços das gerações de autopolinizações acarretam baixa germinação e vigor, efeitos prejudiciais da endogamia.

REFERÊNCIAS

- ABRAHAMCZYK, S.; SOUTO-VILARÓS, D.; RENNER, S. S. Escape from Extreme Specialization: passionflowers, bats and the sword-billed hummingbird. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 281, n. 1795, p. 20140888, 2014. <https://doi.org/10.1098/rspb.2014.0888>
- ALEXANDRE, R. S.; JUNIOR, A. W.; NEGREIROS, J. R. S.; PARIZZOTO, A.; BRUCKNER, C. H. **Germinação de sementes de genótipos de maracujazeiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 39, n. 12, p.1239-1245. 2004. Disponível em <<https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/6901/3957>> Acessado em 10 fevereiro 2023.
- AMORIM, S. J.; SOUZA, M. M.; VIANA, A. J. C.; CORRÊA, R. X.; ARAÚJO, I. S.; AHNERT, D. Cytogenetic, molecular and morphological characterization of *Passiflora capsularis* L. and *Passiflora rubra* L. **Plant Systematics and Evolution**, v. 300, n. 5, p. 1147-1162, 2014. <https://doi.org/10.1007/s00606-013-0952-1>
- ARAUJO, E. C.; SILVA, R. F.; BARROSO, D. G.; CARVALHO, A. J. C. Efeito do armazenamento e do progenitor masculino sobre a qualidade e micromorfologia de sementes de maracujá. **Revista Brasileira de Sementes**, p. 110-119, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222009000400013>
- BENTSINK, L.; SOPPE, W.; KOORNNEEF, M. Genetic aspects of seed dormancy. **Annual Plant Reviews online**, v. 27, p. 113-132, 2007. Disponível em: <https://shre.ink/195>. Acessado: 20 Jan. de 2023.
- 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**. Rio Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <https://shre.ink/20> .Acessado 28 set. de 2022.
- BERNACCI, L. C.; MELETTI, L. M. M; SOARES-SCOTT, M. D. Maracujá-doce: o autor, a obra e a data da publicação de *Passiflora alata* (Passifloraceae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 2, p. 355–356, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452003000200046>
- BONIECKA, J.; KOTOWICZ, K.; SKZYPEK, E.; DZIURKA, K.; REWERS, M.; JEDZEJCZYK, I.; DABROWSKA, G. Potential biochemical, genetic and molecular markers of deterioration advancement in seeds of oilseed rape (*Brassica napus* L.). **Industrial Crops and Products**, v. 130, p. 478-490, 2019.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. **Melhoramento de plantas**. 6. ed. Viçosa: UFV, 2013. 523p.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G.V.; FRITSCHÉ-NETO, R. **Melhoramento de plantas**. 7ed. Viçosa: UFV, 2017. 543p.
- BORGES, K. F.; LORENZONI, R. M.; FONTES, M. M. P.; MILWARD-DE-AZEVEDO, M. A. A família Passifloraceae sensu stricto do Espírito Santo, Brasil. **Rodriguésia**, v. 71, 2020. <https://doi.org/10.1590/2175-7860202071084>

BORGES, K. F.; MILWARD-DE-AZEVEDO, M. A. Passifloraceae sensu stricto do Parque Estadual Cachoeira da Fumaça, Espírito Santo, Brasil. **Rodriguésia**, v. 68, p. 1939-1949, 2017. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201768525>

BRAGA, M.F.; JUNQUEIRA, N.T.V. **Produção de mudas de maracujá-doce. Planaltina**, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 28p. (Embrapa Cerrados, Documentos, 93).

BRASIL. Regras Para Análise De Sementes – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária- Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399p.

BRUCKNER, C. H.; SUASSUNA, T. D. M.; REGO, M. M.; NUNES, E. S. Auto-incompatibilidade do maracujá – implicações no melhoramento genético. In: **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina: Embrapa Cerrados, p. 137–338, 2005.

BRUCKNER, C. H.; CASALI, V. W. D.; MORAES, C. F.; REGAZZI, A. J.; SILVA, E. A. M. Self-incompatibility in passion fruit (*Passiflora edulis* Sims.). **Acta Horticultura, Keeskemet**, v. 370, p. 45-57, 1995.

BRUCKNER, C.H.; OTONI, W.C. **Hibridização em Maracujá**. In Bórem, A. (2ªEd.) Hibridização artificial em plantas. Viçosa: UFV, 2009. 452p.

BUENO, L. C. S.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, S. P. Melhoramento Genético de Plantas: Princípios e Procedimentos. 2. ed. Lavras: Editora UFLA, 2006.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590p.

CAVICHIOLO, J. C.; MELETTI, L. M. M.; NARITA, N. Aspectos da Cultura do Maracujazeiro no Brasil. **TodaFruta**, Jaboticabal-SP, p.11, 2018.

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. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 15, n. 8, p. 14122-14152, 2014. <https://doi.org/10.3390/ijms150814122>

CERVI, A. C.; RODRIGUES, W. A. Nomenclatural and taxonomic review of Passifloraceae species illustrated and described by Vellozo in Flora Fluminensis. **Acta Botanica Brasilica**, v. 24, p. 1109-1111, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062010000400029>

CHARLESWORTH, B.; CHARLESWORTH, D. The genetic basis of inbreeding depression. **Genetical Research**, v.74, p.329-340, 1999. Available from: < [Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10689809](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10689809) >. Accessed: Feb. 01, 2023.

COBRA, S. S. O.; SILVA, C. A.; KRAUSE, W.; DIAS, D. C.; KARSBURG, I. V.; MIRANDA, A. F. Características florais e polinizadores na qualidade de frutos de

cultivares de maracujazeiro-azedo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 1, p. 54-62, 2015. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2015000100006>

CORDEIRO, M. H. M.; ROSADO, R. D. S.; LUNA SOUTO, A. G.; 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**, v. 30, p. 1-9, 2019. [DOI: 10.9734/JEAI/2019/47093](https://doi.org/10.9734/JEAI/2019/47093)

COSTA, E. C. S.; NUNES, T. S.; MELO, J. I. M. Flora da Paraíba, Brasil: Passifloraceae sensu stricto. **Rodriguésia**, v. 66, p. 271-284, 2015. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201566117>

COSTA, Z.P.; MUNHOZ, C.F.; VIEIRA, M.L.C. Report on the development of putative functional SSR and SNP markers in passion fruits. **BMC Research Notes**, v.10, p. 455-454, 2017. <http://dx.doi.org/10.1186/s13104-017-2771-x>

CROW, J. F. Dominance and overdominance. In: Heterosis: A Record of Researches Directed Toward Explaining and Utilizing the Vigor of Hybrids. Gowen, J. W., ed. **Iowa State College Press**, Ames, IA, USA. p. 282-294, 1952.

CRUZ, C. D. Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 38, p. 547-552, 2016.

CRUZ, C. D.; FERREIRA, F. M.; PESSONI, L. A. **Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética**. 1.ed. Visconde de Rio Branco, Suprema Gráfica Editora. v.1, 2011. 620p.

CUNHA, M. A. P.; BARBOSA, L.V.; JUNQUEIRA, N.T.V. Aspectos botânicos. In: LIMA, A. de A. (Ed.). **Maracujá produção**: aspectos técnicos. Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica (Frutas do Brasil, 15), p.15-24, 2002.

DAS, A.; KUMAR, K.; TRIBHUVAN, K.; DAS, S. S.; MISHRA, M. Development of Haploid and Double Haploid in Fruit Crops - A Review. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 7, n. 05, p. 2119–2132, 2018. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.705.247>

DIAS, J. M. M.; ALEXANDRE, R. S.; FELISMINO, D. C.; SIQUEIRA, D. L. Propagação da mangueira. In: ROZANE, D. E.; DAREZZO, R. J.; AGUIAR, R. L.; AGUILERA, G. H. A.; ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Manga**: produção integrada, industrialização e comercialização. Viçosa: UFV, 2004, 79-134p.

EBONE, L. A., CAVERZAN, A., CHAVARRIA, G. Physiologic alterations in orthodox seeds due to deterioration processes. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 145, p. 34-42, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.10.028>

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Produção brasileira de maracujá em 2019.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Produção brasileira de maracujá: Brasil é o maior produtor de maracujá e possui 150 variedades da fruta. Disponível em: <https://shre.ink/maracuja> . Acessado 21 jan. 2023.

FALCONER, D.; MACKAY, T. **Introdução à genética quantitativa**. 4.ed. London: Longman, 1996. 464p.

FALCONNER, P.; TITTOTO, K.; PARENTE, T.V.; JUNQUEIRA, N.T.V.; MANICA, I. Caracterização físico-química de frutos de seis cultivares de maracujá azedo (*Passiflora* spp.) produzidos no Distrito Federal. In: RUGGIERO, C. (ed.). **Maracujá, do plantio à colheita**. Jaboticabal: FCAV/UNESP/SBF, 1998. 365-367p.

FALEIRO, F. G., Junqueira, N. T. V. **Maracujá: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Cerrados, 2016. 341p.

FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V.; COSTA, A.M. **Ações de pesquisa e desenvolvimento para o uso diversificado de espécies comerciais e silvestres de maracujá (*Passiflora* spp.)**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2015. 26p. (Documentos, 329).

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005, 601-617p.

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; JESUS, O. N.; COSTA, A. M.; MACHADO, C. F.; JUNQUEIRA, K.P.; ARAÚJO, F. P.; JUNGHANS, T. G. Espécies de maracujazeiro no mercado internacional. In: Junghans, T. G., Jesus, O. N. (Eds.). **Maracujá: do cultivo à comercialização**. Brasília, DF: Embrapa, p. 15-37, 2017. Disponível em: <http://livimagens.sct.embrapa.br/amostras/00085600.pdf>. Acessado: 17 jan. 2023.

FALEIRO, F. G.; ROCHA, F. E. C.; GONTIJO, G. M.; ROCHA, L. C. T. Maracujá: prospecção de demandas para pesquisa, extensão rural e políticas públicas baseadas na adoção e no impacto de tecnologias. Expedição Safra Brasília – Maracujá. Brasília, DF: Emater, v.2, 2019. 275p. Disponível em: <https://shre.ink/c84o>. Acessado: 17 jan. 2023.

FARIA, A., PAIVA SOBRINHO, S., DOS SANTOS OLIVEIRA, A., TAVARES, A. R., DA LUZ, P. B. Cryoprotectants and X-ray analysis on *Passiflora* seeds cryopreserved. **Scientia Plena**, v. 17, n. 5, 2021.[doi: 10.14808/sci.plena.2021.050201](https://doi.org/10.14808/sci.plena.2021.050201)

FRAGA, A.B.; SILVA, F.L.; HONGYU, K.; SANTOS, D.D.S.; MURPHY, T.W.; LOPES, F.B. Multivariate analysis to evaluate genetic groups and production traits of crossbred Holstein × Zebu cows. **Trop Anim Health Prod**. p. 1 - 6. 2015. <https://doi.org/10.1007/s11250-015-0985-2>

FRANZON, R. C.; CARPENEDO, S.; SILVA, J. C. S. **Produção de mudas, principais técnicas utilizadas na produção de fruteiras**. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2010. 56p. (Documentos, n. 283).

FIGLIOLIA, M. B.; OLIVEIRA, E. C.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Análise de Sementes. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.; FIGLIOLA, M.B. (Org.) **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. 350p.

GIOPPATO, H. A.; DA SILVA, M. B.; CARRARA, S.; PALERMO, B. R. Z.; DE MORAES, T. S.; 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. <https://doi.org/10.1007/s40626-018-0134-1>

GOMES-JUNIOR, F.G. Aplicação da análise de imagens para avaliação da morfologia interna de sementes. **Informativo ABRATES**, v.20. p.33-39, 2010.

GOULART, P.F.P.; ALVES, J.D.; CASTRO, E.M.; FRIES, D.D.; MAGALHÃES, M.M.; MELO, H.C. Aspectos histoquímicos e morfológicos de grãos de café de diferentes qualidades. **Ciência Rural**, v.37, n.3, p.662-666, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782007000300010>

GRISI, M. C. D. M.; JUNQUEIRA, N. T. V.; CONCEIÇÃO, L. D. H. C. S. D.; FALEIRO, F. G.; BRAGA, M. F.; VILELA, M. S. Genotypic selection of multispecific hybrids obtained through crosses between commercial *Passiflora edulis* and wild *Passiflora* species. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 43, n. 1, 2021. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452021963>

GRZYBOWSKI, C. R. DE S.; SILVA, R. C.; BELNIAKI, A. C.; PANOBIANCO, M. Investigation of dormancy and storage potential of seeds of yellow passion fruit. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 3, p. 367–374, 2019. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v41n3214892>

HALLAUER, A. R.; CARENA, M. J.; MIRANDA FILHO, J. D. **Quantitative genetics in maize breeding**. Springer Science & Business Media, v. 6, n. 1, 2010.

HAMPTON, J.; BOELT, B.; ROLSTON, M.; CHASTAIN, T. Efeitos do CO₂ e da temperatura elevados na qualidade das sementes. **O jornal da ciência agrícola**, v. 151, n. 2, p. 154-162, 2013. <https://doi.org/10.1017/S0021859612000263>

HIEGA, K. M. R.; BRAGA, L. N.; DARDENGO, J. F. E.; SILVEIRA, G. F.; ARENAS, M. D. S.; SILVA, J.; ROSSI, A. A. B. Caracterização morfológica de frutos, sementes e germinação de *Passiflora cristalina* Vanderpl. & Zappi. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 120, p. 1-10, 2021. <https://doi.org/10.24215/16699513e081>

HUSSAIN, B.; KHAN, M. A.; SHAUKAT, Q. A. S. Double haploid production is the best method for genetic improvement and genetic studies of wheat. **Int J Agro Vet Med Sci**, v. 6, n. 4, p. 216-228, 2012. <https://shre.ink/doi14>

IBGE - Produção Agrícola Municipal, 2019. Disponível em:< <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>>. Acesso em: 28 de set. 2022.

IEA - Instituto de Economia Agrícola. Estatísticas da produção paulista. São Paulo, 2019. Disponível em: <https://shre.ink/c8YB>. Acesso em: 28 de set. 2022.

JOSÉ, S. C. B. R.; SALOMÃO, A. N.; MELO, C. C.; CORDEIRO, I. M.; GIMENES, M. A. Tratamentos Pré-germinativos na Germinação de Sementes de Maracujás Silvestres. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2019. 19p.

JUNGHANS, T.G. (Ed.). **Guia de plantas e propágulos de maracujazeiro**. Brasília, DF: Embrapa. 2015. 95p.

JUNQUEIRA, N. T. V.; VERAS, M. C. M.; CHAVES, R. C.; FIALHO, J. F.; OLIVEIRA, J. A.; MATOS, A. P. Manejo da floração do maracujazeiro. Recomendação Técnica 45. Brasília: Embrapa Cerrados. 1.ed. 2001.

KISHORE, K; PATHAK, K. A.; SHUKLA, R.; ANDRINKU, A. Studies on floral biology of passion fruit (*Passiflora* spp.). **Pakistan Journal of Botany**, v. 42, n. 1, p. 21-29, 2010. Disponível em: <https://shre.ink/c84E>. Acesso em: 02 jan. 2023.

KNIGHT JR, R. J.; WINTERS, H. F. Pollination and fruit set of yellow passionfruit in Southern Florida. In: Proceedings of the Florida State Horticultural Society, Bradenton, v.75, p. 412-418, 1962. Disponível em: <https://shre.ink/c84X>. Acesso em: 04 jan. 2023.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A. A alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura. Embrapa: Circular Técnica 136. Londrina, PR. 2018. Disponível em: <https://shre.ink/c84z>. Acesso em: 02 jan. 2023.

KUMAR, S. P. J.; PRASAD, S. P.; KUMAR, M.; SINGH, C.; SINHA, A. K.; PATHAK, A. Seed Quality Markers: A Review. Research & Reviews: Journal of Botanical Sciences. v. 5, p. 13-18, 2016.

LIMA, A. A. Aspectos fitotécnicos: desafios da pesquisa. **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**/ editado por Fabio Gelape Faleiro, Nilton Tadeu Vilela Junqueira, Marcelo Fideles Braga. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. 643-677p.

LIMA, P. A. M.; MACIEL, K. S.; ALEXANDRE, R. S.; LOPES, J. C. The physiological quality of yellow passion fruit (*Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa* Deg.) seeds with different water content placed in a cold chamber room and environmental conditions. **Australian Journal of Crop Science**, v. 13, n. 3, p. 452–457, 2019. <https://doi.org/10.21475/ajcs.19.13.03.p1462>

LIRA JÚNIOR, J. S.; BRUCKNER, C. H.; CARNEIRO, P. C. S. Method for Overcoming The Passion Fruit Self-Incompatibility. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n. 4, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452016477>

MACDOUGAL, J. M. Revision of *Passiflora*, subgenus *Decaloba* section *Pseudodysosmia* (Passifloraceae). **Systematic Botany Monographs**, v. 41, p. 1-146, 1994. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/pdf/25027834.pdf>

MADUREIRA, H.; PEREIRA, T.; CUNHA, M.; KLEIN, D.; OLIVEIRA, M.; MATTOS, L.; SOUZA FILHO, G. Self-incompatibility in passionfruit: cellular responses in incompatible pollinations. **Biologia**, v. 69, p. 574-584, 2014. <https://doi.org/10.2478/s11756-014-0353-0>

MAGUIRE J. D. Speed of germination: Aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Sci**, v.2, p. 176-177, 1962. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>

MANICA, I. Maracujazeiro: taxionomia, anatomia, morfologia. In: José, A.R.S; Bruckner, C.H., Hoffmann, M. MARACUJÁ: Temas selecionados: melhoramento, morte prematura, polinização, taxonomia. Porto Alegre: Cinco Continentes, 1997. 70p.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2 ed. Londrina, PR: ABRATES, 2015. 600p.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. (Eds.). **Teste de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p33-149p.

MARTINS, C. M.; VASCONCELLOS, M. A. S.; ROSSETO, C. A. V.; CARVALHO, M. G. Prospecção fitoquímica do arilo de sementes de maracujá amarelo e influência em germinação de sementes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.9, p.1934-1940, 2010.

MAROSTEGA, T. N.; ARAUJO, L. M.; LUZ, P. B.; NEVES, L. G.; BARELLI, M. A. A. (Genetic Diversity Of *Passiflora* Accessions Based On Morphophysiological Seed Descriptors. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, n. 5, 2017. <https://doi.org/10.1590/0100-29452017365>

MAROSTEGA, T. N.; CUIABANO, M. N; RANZANI, R. E.; LUZ, P. B; PAIVA SOBRINHO, S. Efeito de tratamento térmico na superação dedormência de sementes de *Passiflora suberosa* L. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 2, p. 445-450, 2015. <https://doi.org/10.14393/BJ-v31n2a2015-22385>

MARTIN, F. W; NAKASONE, H. Y. The edible species of *Passiflora*. **Economic Botany**, v. 24, p. 43-333, 1970. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/pdf/4253163.pdf>

MATHER, K. The genetical structure of population. **Evolution**, v. 7, p. 66-95, 1953.

MEDEIROS, A. D.; SILVA, L. J.; Pereira, M. D.; Oliveira, A.; Dias, D. C. High-throughput phenotyping of brachiaria grass seeds using free access tool for analyzing X-ray images. **Annas of the Brazilian Academy of Sciences**, v.92, 2020.

MELETTI, L. M. M. Avanços na cultura do maracujá no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 83-91, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000500012>

MELETTI, L. M. M. **Maracujá**: produção e comercialização em São Paulo. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. 26p. (Boletim Técnico, 158).

MELETTI, L. M. M.; SOARES-SCOTT, M. D.; PINTO-MAGLIO, C. A. F.; MARTINS, F.P. Caracterização de germoplasma de maracujazeiro (*Passiflora* sp). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.14, p.157-162, 1992.

MELO, N. F. D.; CERVI, A. C.; GUERRA, M. Cariologia e citotaxonomia do gênero *Passiflora*L. (Passifloráceas). **Plant Systemat. Evoluir**, v. 226, p. 68-84, 2001. <https://doi.org/10.1007/s006060170074>

MENDES, A.J.T.; BACCHI, O. Os grãos mocas de café. **Revista do Instituto do Café**, v.27, n.161, p.996-999, 1940.

MORERA, M. P.; COSTA, A. M.; FALEIRO, F. G.; CARLOSAMA, A. R.; CARRANZA, C. **Maracujá: dos recursos genéticos ao desenvolvimento tecnológico**. 1ª ed. Brasília – DF: ProImpress, 2018. 210p.

MUÑOZ-SANZ, J. V.; ZURIAGA, E.; CRUZ-GARCÍA, F.; MCCLURE, B.; ROMERO, C. Self-(In)compatibility Systems: Target Traits for Crop Production, Plant Breeding, and Biotechnology. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, p. 1–24, 2020. <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2020.00195>

NASCIMENTOI, W. M.; CRODAII, M. D.; LOPESI, A. C. A. Produção de sementes, qualidade fisiológica e identificação de genótipos de alface termotolerantes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, p. 510-517, 2012.

NEGREIROS, J. R. D. S., ALEXANDRE, R. S., ÁLVARES, V. D. S., BRUCKNER, C. H., CRUZ, C. D. Divergência genética entre progênies de maracujazeiro-amarelo com base em características das plântulas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, p. 197-201, 2008.

NEGREIROS, J. R. D. S.; WAGNER JÚNIOR, A.; ÁLVARES, V. D. S.; SILVA, J. O. D. C.; NUNES, E. S., ALEXANDRE, R. S.; BRUCKNER, C. H. Influência do estágio de maturação e do armazenamento pós-colheita na germinação e desenvolvimento inicial do maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, p. 21-24, 2006.

NUNES, T. S.; QUEIROZ, L. P. Flora da Bahia: Passifloraceae. **Sitientibus Série Ciências Biológicas**, v. 6, p. 194-226, 2006. <https://doi.org/10.13102/scb8177>

OCAMPO, J.; ACOSTA-BARÓN, N.; HERNANDEZ-FERNANDEZ, J. Variability and genetic structure of yellow passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener) in

Colombia using microsatellite DNA markers. **Agronomía Colombiana**, v. 35, n. 2, p. 135-149, 2017. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v35n2.59973>

OCAMPO, J.; COPPENS D'EECKENBRUGGE, G.; 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, n. 11, p. 1158–1180, 2010. <https://doi.org/10.3390/d2111158>

OLIVEIRA JÚNIOR, M. X.; SÃO JOSÉ, A. R.; REBOUÇAS, T. N. H.; MORAIS, O. M.; DOURADO, F. W. N. Superação de dormência de maracujá-do-mato (*Passiflora cincinnata* Mast.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 2, p. 584-590, 2010.

OLIVEIRA, E. J.; DA SILVA SANTOS, V.; DE LIMA, D. S.; MACHADO, M. D.; LUCENA, R. S.; MOTTA, T. B. N.; SILVA CASTELLEN, M. Seleção em progênies de maracujazeiro-amarelo com base em índices multivariados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 11, p. 1543-1549, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008001100013>

OLIVEIRA, L. M. **Avaliação da qualidade de sementes de canafístula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert) pelos testes de germinação, tetrazólio e raios-x**. Lavras: UFLA, 2000, 111 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia).

OLIVEIRA, O. DOS S. **Tecnologia de sementes florestais: espécies nativas**. Curitiba: UFPR, 2012. 406p.

OSIPI, E. A. F., NAKAGAWA, J. Avaliação da potencialidade fisiológica de sementes de maracujá-doce (*Passiflora alata* Dryander) submetidas ao armazenamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 1, p. 52-54, 2005.

PACHECO, G.; SIMÃO, M.J.; VIANNA, M.G.; GARCIA, R.O.; VIEIRA, M.L.C; MANSUR, E. In vitro conservation of *Passiflora* - A review. **Scientia Horticulturae**, v. 211, p. 305-311, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.09.004>

PÁDUA, J. G.; SCHWINGEL, L. C.; MUNDIM, R. C.; SALOMÃO, N. A.; ROVERI JOSÉ, S. C. B. Germinação de sementes de *Passiflora setacea* e dormência induzida pelo armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Viçosa, MG, v.33, n.1, p.80-85, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222011000100009>

PENFIELD, S. Seed dormancy and germination. **Current Biology**, v. 27, n. 17, p. 874–878, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.05.050>

PINTO, T. L. F; MARCOS FILHO, J; FORTI VA CARVALHO C.; GOMES JUNIOR, F. G. Avaliação da viabilidade de sementes de pinhão manso pelos testes de tetrazólio e de raios X. **Rev Bras Sementes**. V. 31, n. 2, p. 195-201, 2009; [doi: 10.1590/S0101-31222009000200023](https://doi.org/10.1590/S0101-31222009000200023).

POSADA QUINTERO, P. A. **Estudios del Comportamiento fisiode la Semilla del maracuyá (*P. edulis* f. *flavicarpa* Degener), la granadilla (*P. ligularis* Juss.) y la gulupa (*P. edulis* f. *edulis* Sims) y zonificación agroecológica como estrategia**

para una Agricultura Eco-eficiente y de conservación. 2012. Dissertação de Mestrado, Universidad Nacional de Colômbia, Palmira, Colômbia, 2012.

POSADA, P.; OCAMPO, J.; SANTOS, L. G. Estudio del comportamiento fisiológico de la semilla de tres especies cultivadas de *Passiflora L.* (Passifloraceae) como una contribución para la conservación ex situ. **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**, v. 8, n. 1, p. 9-19, 2014. <https://doi.org/10.17584/rcch.2014v8i1.2796>

R CORE TEAM. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, R Foundation for Statistical Computing. 2019. Disponível em: <http://www.R-project.org/>

RAMALHO, M. A. P.; MARQUES, T. L.; LEMOS, R. C. Plant breeding in Brazil: Retrospective of the past 50 years. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 21, 2021. <https://doi.org/10.1590/1984-70332021v21Sa16>

REED, R. C.; BRADFORD, K. J.; KHANDAY, I. Seed germination and vigor: ensuring crop sustainability in a changing climate. **Heredity**, v. 128, n. 6, p. 450-459, 2022.

REGAZZI, A.J. Análise multivariada, notas de aula INF 766. Departamento de Informática da Universidade Federal de Viçosa, v.2, 2000.

REIS, R.; VIANA, A.P.; OLIVEIRA, E.J.; GERALDO, M.; SILVA, D.M. Phenotypic and molecular selection of yellow passion fruit progenies in the second cycle of 73 recurrent selection. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 12, p. 17-24, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1984-70332012000100003>

REIS, R. V.; OLIVEIRA, E. J.; VIANA, A. P.; PEREIRA, T. N. S.; PEREIRA, M. G.; SILVA, M. G. M. Diversidade genética em seleção recorrente de maracujazeiro detectada por marcadores microssatélites. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p.51- 57, 2011. Disponível em: <https://shre.ink/c83d>. Acesso em: 23 jan. 2023.

RODRIGUES, D. L.; VIANA, A. P.; VIEIRA, H. D.; SANTOS, E. A; SILVA, F. H. L. Responses of sour passion fruit (*Passiflora edulis* Sims) seeds from the third recurrent selection cycle during storage. **Acta Agronômica**, v. 69, n.1, p. 61-67, 2020 <https://doi.org/10.15446/acag.v69n1.80343>

RODRIGUES, C. A. Potencial Germinativo De Famílias De *Passiflora* Sob Seleção Recorrente Para Resistência Ao Cowpea aphidborne mosaic virus. 2022. 112f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Universidade Federal de Viçosa, CAMPOS DOS GOYTACAZES, Rio de Janeiro.

ROSADO, L. D. S.; CREMASCO, J. P. G.; SANTOS, C. E. M.; BRUCKNER, C. H., CORDEIRO, M. H. M.; BORGES, L. L. Evidence of maternal effect on germination and vigor of sour passion fruit. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 42, n. 4, 2020. <https://doi.org/10.1590/0100-29452020002>

ROSADO, R. D. S.; ROSADO, L. D. S.; BORGES, L. L.; BRUCKNER, C. H.; CRUZ, C. D.; SANTOS, C. E. M. Genetic diversity of sour passion fruit revealed by predicted

genetic values. **Agronomy Journal, Madison**, v.111, n.1, p.165-174, 2019. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.05.0310>

RUTHS, R.; BONOME, L. T. S.; TOMAZI, Y.; SIQUEIRA, D. J.; MOURA, G. S.; LIMA, C. S. M. Influência da temperatura e luminosidade na germinação de sementes das espécies: *Selenicereus setaceus*, *Hylocereus undatus* e *Hylocereus polyrhizus*. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 18, n. 2, 2019. <https://doi.org/10.5965/223811711812019194>

SANTANA, F. C.; SHINAGAWA, F. B.; ARAUJO EDA, S.; COSTA, A. M.; MANCINI-FILHO, J. Chemical composition and antioxidant capacity of Brazilian *Passiflora* seed oils. **Food Science**, v. 80, C2647–C2654, 2015. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13102>

SANTOS, A. S; SILVA, R. F; PEREIRA, M. G; MACHADO, J. C; MACHADO, C. F; BOREM, F. M; GOMES, V. M; TONETTI, O. A. O. Xray technique application in evaluating the quality of papaya seeds. **Seed Sci Technol**, v. 37, n. 3, p. 776- 780, 2009. [doi: 10.15258/sst.2009.37.3.25.10](https://doi.org/10.15258/sst.2009.37.3.25.10).

SANTOS, C. E. M.; MORGADO, M. A. D.; MATIAS, R. G. P.; WAGNER JÚNIOR, A.; BRUCKNER, C. H. Germination and emergence of passion fruit (*Passiflora edulis*) seeds obtained by self- and open-pollination. **Acta Scientiarum**, v. 37, n. 4, 489, 2015. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v37i4.19616>

SANTOS, C. H. B.; CRUZ NETO, A. J.; JUNGHANS, T. G.; JESUS, O. N. DE; GIRARDI, E. A. Fruit maturation stage and influence of gibberellic acid on the emergence and growth of *Passiflora* spp. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 47, n. 3, 2016. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20160058>

SANTOS, V. A. DOS.; RAMOS, D. J.; LAREDO, R. R.; SILVA, F. O. R.; 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. <https://doi.org/10.5965/223811711612017033>

SCHIFINO-WITTMANN, M. T.; DALL'AGNOL, M. Auto-incompatibilidade em plantas. **Ciência Rural**, v. 32, n.6, p. 1083–1090, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782002000600027>

SHEN, J. X.; WANG, H. Z.; FU, T. D.; TIAN, B. M. Cytoplasmic male sterility with self-incompatibility, a novel approach to utilizing heterosis in rapeseed (*Brassica napus* L.). **Euphytica**, v. 162, p. 109–115, 2008. <https://doi.org/10.1007/s10681-007-9606-0>

SILVA, J. B. DA; VIERA, R. D. Avaliação do potencial fisiológica de sementes de beterraba. *Revista Brasileira de Sementes*. **Revista Brasileira de Sementes**, v.28, p.128-134, 2006.

SILVA, V. N.; CICERO, S. M.; BENNETT, M. Relationship between eggplant seed morphology and germination. **Revista Brasileira de Sementes**, v.34, n.4, p.597-604, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222012000400010>

SILVA, S. M.; OLIVEIRA, R. C. D.; ALMEIDA, R. F. D.; SÁ JÚNIOR, A. D.; SANTOS, C. M. D. Aryl removal methods and passion fruit seed positions: Germination and emergence. **Journal of Seed Science**, v. 37, p. 125-130, 2015. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v37n2146373>

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **Indian Journal of Genetic and Plant Breeding**, v. 41, p. 237-245, 1981.

SOUSA, J. S. I.; MELETTI, L. M. M. **Maracujá**: espécies, variedades e cultivo. Piracicaba: FEALQ, 1997. 179 p

SOUTO, A. G. D. L.; CREMASCO, J. P. G.; MAITAN, M. Q.; AZEVEDO, J. L. F. DE; RIBEIRO, M. R.; SANTOS, C. E. M. Seed germination and vigor of passion fruit hybrids. **Comunicata Scientiae**, v.8, n.1, p.134-138, 2017. <https://doi.org/10.14295/cs.v8i1.1379>

SUASSUNA M. F. T., BRUCKNER, C., CARVALHO, C., BORÉM, A. Self-incompatibility in passionfruit: Evidence of gametophytic-sporophytic control. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 106, n. 2, p. 298–302, 2003. <https://doi.org/10.1007/s00122-002-1103-1>

TEIXEIRA, A. L.; GONÇALVES, F. M. A.; REZENDE, J. C. D.; ROCHA, R. B.; PEREIRA, A. A. Análise de componentes principais em caracteres morfológicos de café arábica em estágio juvenil. **Coffee Science**, v. 8, n. 2, p. 205-210, 2012. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br:80/handle/123456789/7971>. Acesso em: 21 jan. 2023.

TEMPLETON, A. R.; READ, B. **Inbreeding**: one word, several meanings, much confusion. **Exs**, v.68, p.91-105, 1994. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8032141> >. Acesso em: 23 jan. 2023.

TRUJILLO, H. A.; GUILHIEN GOMES-JUNIOR, F.; LARA, I. A. R. D.; CICERO, S. M. Radiographic analysis and performance of coffee seeds. **Journal of Seed Science**, v. 41, p. 431-440, 2019.

TORRES, G. X.; VIANA, A. P.; DUARTE VIEIRA, H.; RODRIGUES, D. L.; DOS SANTOS, V. O. Contribution of seed traits to the genetic diversity of a segregating population of *Passiflora* spp. **Chilean journal of agricultural research**, v. 79, n. 2, p. 288-295, 2019. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392019000200288>

ULMER, T.; MACDOUGAL, J. M. **Passiflora**: Passionflowers of the world. Portland: Timber Press. 2004. 430p.

VENORA, G. O.; GRILLO; SHAHIN, M. A.; SYMONS, S. J. Identification of Sicilian landraces and Canadian cultivars of lentil using an image analysis system. **Food Research International**, Barking, v.40, p. 161-166, 2007.

VIANA, A. P.; DETMANN, E.; PEREIRA, M. G.; SOUZA, M. M.; PEREIRA, T. N. S.; JÚNIOR, A. T. A.; GONÇALVES, G. M. Polinização seletiva em maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) monitorada por vetores canônicos. **Ciência Rural**, v.37, n.6, p.1627-1633, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782007000600019>

WANG, L.; MA, H.; SONG, L.; SHU, Y.; GU, W. Comparative proteomics analysis reveals the mechanism of pre-harvest seed deterioration of soybean under high temperature and humidity stress. **Journal of Proteomics**, v. 75, n. 7, p. 2109-2127, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2012.01.007>

WATSON, D.P., BOWERS, F.A.I. **Long days produce flowers on passion fruit.** *Farm Science*, v. 14, p.3-5, 1965.

WELTER, M. K.; SMIDERLE, O. J.; UCHÔA, S. C. P.; CHANG, M. T.; MENDES, E. D. P. Germinação de sementes de maracujá amarelo azedo em função de tratamentos térmicos. **Revista Agro@Mambiente On-Line**, v. 5, n. 3, p. 227-232, 2011. <https://doi.org/10.18227/1982-8470raqro.v5i3.626>

WU, Y.; TIAN, Q.; HUANG, W.; LIU, J.; XIA, X.; YANG, X.; MOU, H. Identification and evaluation of reference genes for quantitative real-time PCR analysis in *Passiflora edulis* under stem rot condition. **Molecular biology reports**, v. 47, p. 2951-2962, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11033-020-05385-8>

WURDACK, K. J.; DAVIS, C. C. Malpighiales phylogenetics: Gaining ground on one of the most recalcitrant clades in the angiosperm tree of life. **American Journal of Botany**, v. 8, p. 1551–1570, 2009. <https://doi.org/10.3732/ajb.0800207>

XIA, Z.; HUANG, D.; ZHANG, S.; WANG, W.; MA, F.; WU, B.; XU, Y.; XU, B.; CHEN, D.; ZOU, M. Chromosome-scale genome assembly provides insights into the evolution and flavor synthesis of passion fruit (*Passiflora edulis* Sims). **Horticulture Research**, v. 8, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41438-020-00455-1>

ZANINI, A.; VILLA, F.; HECH, A.L.; MEZZALIRA, E.J.; LIMA, P.R.; PRESTES, T.M.V.; PORTZ, T.M. Germinação de Sementes de Maracujá Azedo Embebidas em Soluções em Três Substratos. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 15, n. 4, p. 381–384, 2016. <http://dx.doi.org/10.18188/1983-1471/sap.v15n4p381-384>