

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**Instituto de Ciências Agrárias**  
**Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal**

**Bruna Bésel Almeida Porto Nogueira**

**“ESTRATÉGIAS DE SELEÇÃO EM PROGÊNIES DE MEIOS-IRMÃOS EM  
*ANNONA SQUAMOSA L.*”**

**Montes Claros**  
**2021**

Bruna Bessel Almeida Porto Nogueira

**“ESTRATÉGIAS DE SELEÇÃO EM PROGÊNIES DE MEIOS-IRMÃOS EM  
*ANNONA SQUAMOSA L.*”**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Produção Vegetal.

Orientadora: Silvia Nietsche

Coorientador: Marlon Cristian Toledo Pereira

Montes Claros  
Fevereiro de 2021

Nogueira, Bruna Bessel Almeida Porto.

N778e  
2021 Estratégias de seleção em progênies de meios-irmãos em *annona squamosa* L./ Bruna Bessel Almeida Porto Nogueira. Montes Claros, 2021.  
72 f.: il.

Tese (doutorado) - Área de concentração em Produção Vegetal. Universidade Federal de Minas Gerais / Instituto de Ciências Agrárias.

Orientadora: Sílvia Nietzsche.

Banca examinadora: Alcinei Místico Azevedo, Claudinéia Ferreira Nunes, Marlon Cristian Toledo Pereira, Samy Pimenta.

Inclui referências: f. 28-34; 51-53; 66-68.

1. Pinha – fruta. 2. Melhoramento genético. 3. Colheita. I. Nietzsche, Sílvia II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 634.1

### ATA DE DEFESA DE TESE

Aos 26 dias do mês de fevereiro de 2021, às 14:00 horas, sob a Presidência da Professora Sílvia Nietzsche, D. Sc. (Orientadora - ICA/UFMG) e com a participação dos Professores Marlon Christian Toledo Pereira, D. Sc. (Unimontes), Samy Pimenta, D. Sc. (Unimontes), Alcinei Místico Azevedo, D. Sc. (ICA/UFMG) e Claudinéia Ferreira Nunes, D. Sc. (ICA/UFMG), reuniu-se, por videoconferência, a Banca de tese de **Bruna Bésel Almeida Porto Nogueira**, aluna do Curso de Doutorado em Produção Vegetal. O resultado da defesa de tese intitulada: “**ESTRATÉGIAS DE SELEÇÃO EM PROGÊNIES DE MEIOS-IRMÃOS EM ANNONA SQUAMOSA L.**”, sendo a aluna considerada (aprovada/reprovada) **Aprovada**. E, para constar, eu, Professora Sílvia Nietzsche, Presidente da Banca, lavrei a presente ata que depois de lida e aprovada, será assinada por mim e pelos demais membros da Banca examinadora.

OBS.: A aluna somente receberá o título após cumprir as exigências do **ARTIGO 68** do regulamento do Curso de Doutorado em Produção Vegetal, conforme apresentado a seguir:

**Art. 68 Para dar andamento ao processo de efetivação do grau obtido, o candidato deverá, após a aprovação de sua Dissertação ou Tese e da realização das modificações propostas pela banca examinadora, se houver, encaminhar à secretaria do Colegiado do Programa, com a anuência do orientador, no mínimo 3 (três) exemplares impressos e 1 (um) exemplar eletrônico da dissertação ou, 4 (quatro) exemplares impressos e 1 (um) exemplar eletrônico da tese, no prazo de 60 (sessenta) dias.**

Montes Claros, 26 de fevereiro de 2021.



Marlon Cristian Toledo Pereira  
 Membro



Samy Pimenta  
 Membro



Alcinei Místico Azevedo  
 Membro



Claudinéia Ferreira Nunes  
 Membro



Sílvia Nietzsche  
 Orientadora

***Dedico***

À minha família e a todos aqueles que torceram por mim.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por iluminar meus caminhos.

Aos meus pais, Hélio e Maria José, por todo o amor e incentivo, por todo o auxílio, principalmente na reta final, suprindo as necessidades de afeto da minha filha, recém-nascida, para que eu pudesse concluir meu trabalho.

Ao meu esposo Lucas e aos meus irmãos, pelo companheirismo, amor e apoio.

À minha filha, Maria Luísa, que veio como um presente de Deus e me ensinou o significado do verdadeiro amor.

À minha orientadora, Profa. Dra. Silvia Nietzsche, pelos ensinamentos, estímulo, paciência e pela confiança depositada em mim.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Marlon Pereira, por todos os ensinamentos.

Aos professores que aceitaram participar da minha comissão avaliadora, por disponibilizarem parte do seu tempo para contribuir com a pesquisa.

A todos os docentes do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da UFMG, por todo o conhecimento transmitido.

À UNIMONTES e à UFMG, em especial, ao Instituto de Ciências Agrárias, pela infraestrutura disponibilizada.

As orientandas da Profa. Dra. Silvia Nietzsche, em especial, à Rosane e Maria, pela disponibilidade e auxílio sempre que foi preciso.

Aos acadêmicos participantes do Grupo de Estudos em Fruticultura da Unimontes, por me auxiliarem a executar boa parte do trabalho. Sempre prestativos e agradáveis.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo suporte financeiro para que a pesquisa pudesse ser realizada.

Obrigada!

## Estratégias de seleção em progênies de meios-irmãos em *Annona squamosa* L.

### RESUMO

O Brasil se destaca como um dos grandes produtores de frutas do mundo. a produção da pinheira (*Annona squamosa* L.) vem sendo alavancada no país principalmente devido aos preços atrativos alcançados pela fruta no mercado e a capacidade das plantas em tolerar diferentes condições edafoclimáticas. Poucos estudos sobre diversidade genética e melhoramento genético envolvendo a cultura têm sido publicados. No Brasil, a disponibilidade de materiais melhorados de *A. squamosa* para cultivo se restringem há algumas seleções e não existem variedades registradas para plantio no país. Nesse contexto, a primeira parte do trabalho teve como objetivo de estimar os parâmetros genéticos, correlações e predições de ganhos de seleção diretos, indiretos e simultâneos em progênies de meios-irmãos de *Annona squamosa* L. Portanto, foram avaliadas em quatro progênies de meios-irmãos, durante oito safras, as características número médio de flores (NF), comprimento médio de flores (CF), número de frutos (NFr) comprimento médio dos frutos (CFr), diâmetro médio dos frutos (DFr), massa fresca dos frutos (MFFr), número de sementes (NS) e produção total (PT). Herdabilidade de magnitude alta foi atribuída ao CF, 66%, enquanto herdabilidades moderadas foram encontradas para NF (21%), NS (25%), CFr (29%), DFr (33%) e MFFr (42%). Já o NFr e a PT expressaram herdabilidades de baixa magnitude, 0,3% e 8% respectivamente. Houve correlação positiva entre a produção total e número de frutos/planta. O comprimento da flor também apresentou forte correlação com características relacionadas ao tamanho do fruto. A característica número de flor expressou as maiores estimativas de ganhos de seleção direta. Os genótipos 25 (UNI-1), 10 e 47 (UNI-2) e 11 (UNI-3) se destacaram apresentando estimativas elevadas para mais de uma característica e devem ser considerados para seleção. A segunda parte do trabalho teve como objetivo avaliar as medidas repetidas ao longo de oito safras para estimar o coeficiente de repetibilidade e o número ideal de medidas a serem consideradas na seleção de genótipos superiores de *A. squamosa* L. As características NF, CF, CFr, DFr, MFFr, NS e PT foram avaliadas durante oito safras. Observou-se que cinco medições/safras é um número adequado para a seleção de genótipos superiores, e que estas avaliações devem ser feitas, preferencialmente, entre o quarto e sexto ano após o plantio. Dessa forma, os resultados apresentados permitem ao melhorista dar continuidade a novas etapas do processo de melhoramento genético da espécie de forma segura.

**Palavras-chave:** PINHEIRA; MELHORAMENTO GENÉTICO; OTIMIZAÇÃO; NÚMERO DE COLHEITAS; MULAMBA E MOCK; HERDABILIDADE; CORRELAÇÃO.

## Selection strategies in half-sib progenies in *Annona squamosa* L.

### ABSTRACT

The Brazil stands out as one of the great fruit producers in the world, the production of sugar apple (*Annona squamosa* L.) has been leveraged in the country mainly due to the attractive prices achieved by the fruit in the market and the plants' ability to tolerate different edaphoclimatic conditions. Few studies on genetic diversity and genetic improvement involving the crop have been published. In Brazil, the availability of improved materials of *A. squamosa* for cultivation is restricted to some selections and there are no registered varieties for planting in the country. In this context, the first part of the work aimed to estimate the genetic parameters, correlations and predictions of direct, indirect and simultaneous selection gains in half-sib progenies of *Annona squamosa* L. Therefore, they were evaluated in four half-sib progenies. siblings, during eight harvests, the characteristics mean number of flowers (NF), mean length of flowers (CF), number of fruits (NFr), mean length of fruits (CFr), mean diameter of fruits (DFr), fresh weight of fruits (MFFr), number of seeds (NS) and total production (PT). High magnitude heritability was attributed to CF, 66%, while moderate heritability was found to NF (21%), NS (25%), CFr (29%), DFr (33%) and MFFr (42%). NFr and PT, on the other hand, expressed low magnitude heritability, 0.3% and 8%, respectively. There was a positive correlation between total production and number of fruits/plant. Flower length also showed a strong correlation with characteristics related to fruit size. The flower number characteristic expressed the highest estimates of direct selection gains. The genotypes 25 (UNI-1), 10 and 47 (UNI-2) and 11 (UNI-3) stood out, presenting high estimates for more than one trait and should be considered for selection. The second part of the work aimed to evaluate the repeated measures over eight harvests to estimate the repeatability coefficient and the ideal number of measures to be considered in the selection of superior genotypes of *A. squamosa* L. The characteristics NF, CF, CFr, DFr, MFFr, NS and PT were evaluated during eight harvests. It was observed that five measurements/crops is an adequate number for the selection of superior genotypes, and that these evaluations should be carried out, preferably, between the fourth and sixth year after planting. Thus, the results presented allow the breeder to continue with new stages of the genetic improvement process of the species in a safe way.

**Keywords:** SUGAR APPLE; GENETIC IMPROVEMENT; OPTIMIZATION; NUMBER OF HARVESTS; MULAMBA AND MOCK; HERITABILITY; CORRELATION.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### Artigo 1

**Figura 1** - Dispersão gráfica da matriz de correlação de Pearson entre oito descritores morfoagronômicos em quatro progênies de meios-irmãos de pinheiras, Janaúba, Brasil. ....34

**Figura 2** - Dispersão gráfica dos valores genéticos aditivos estimados de oito descritores morfoagronômicos em 17 genótipos selecionados pelo método MM2. ....36

### Artigo 2

**Figura 1.** Estimativa do coeficiente de determinação referente ao número de colheitas/safras.....47

## LISTA DE TABELAS

### Artigo 1

**Tabela 1** - Identificação e caracterização dos quatro acessos de pinheira (*Annona squamosa* L.) que deram origem as quatro progênies de meios-irmãos. Janaúba-MG, Brasil, 2021.....30

**Tabela 2** - Estimativas dos componentes de variância (REML Individual), para as características relativas as plantas em famílias de meios-irmãos de pinheiras. Número de flores por planta (NF), comprimento de flor (CF), número de frutos por planta (NFr), comprimento de fruto (CFr), diâmetro do fruto (DFr), massa fresca do fruto (MFFr), número de sementes (NS) e produção total (PT). Montes Claros-MG, Brasil, 2021 .....33

**Tabela 3** - Estimativas de ganhos percentuais de seleção direta (representado na diagonal principal), indireta (valores obtidos fora da diagonal principal) e simultânea considerando o índice de Mulamba & Mock para as características avaliadas. Montes Claros-MG, Brasil, 2021.....35

### Artigo 2

**Tabela 1** - Identificação e caracterização dos quatro acessos de pinheira (*Annona squamosa* L.) que deram origem as quatro progênies de meios-irmãos. Janaúba-MG, Brasil, 2021.....44

**Tabela 2** - Coeficientes de repetibilidade ( $r$ ) para número de flor (NF), comprimento de flor (CF), número de frutos (NFr) e massa fresca do fruto (MFFr), diâmetro do fruto (DFr), comprimento do fruto (CFr), número de sementes (NS) e produção total (PT) em famílias de meios-irmãos de *Annona squamosa*, avaliados em oito colheitas/safras. ....48

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>13</b>
2.1 Objetivo Geral.....	13
2.2 Objetivos Específicos .....	13
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>14</b>
3.1 Importância econômica e cultivo .....	14
3.2 Origem e descrição botânica.....	15
3.3 Recursos genéticos e melhoramento.....	16
3.4 Melhoramento genético de espécies perenes .....	17
3.5 Parâmetros genéticos e predição dos valores genotípicos.....	19
3.6 Utilização de modelos mistos no melhoramento de plantas perenes .....	20
3.7 Índice de Seleção Mulamba e Mock .....	21
3.8 Referências .....	22
<b>4 ARTIGOS</b> .....	<b>27</b>
4.1 Artigo 1 - Seleção em Progênies de Meios-irmãos em <i>Annona squamosa</i> L.....	27
Resumo .....	27
Introdução.....	28
Material e Métodos .....	29
Resultados.....	32
Discussão .....	37
Conclusões.....	39
Referências .....	40
4.2 Artigo 2 - Estudo de repetibilidade em <i>Annona squamosa</i> L.....	42
Introdução.....	43
Material e Métodos .....	43
Resultados.....	46
Discussão .....	49
Conclusão.....	50
Referências .....	51
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>53</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca como um dos maiores produtores de frutas no mundo. O cultivo da pinheira (*A. squamosa* L.) no país, ocorre principalmente na região Nordeste, onde se concentram mais de 60% dos estabelecimentos produtores, já a região Sudeste concentra cerca de 16% dos estabelecimentos produtores (IBGE, 2017). Em Minas Gerais, o cultivo da fruta vem crescendo principalmente nos perímetros irrigados do Norte do estado (PEREIRA *et al.*, 2011).

A produção da pinha vem sendo alavancada pelos preços atrativos alcançados pela fruta no mercado e devido a capacidade das plantas em tolerar diferentes condições edafoclimáticas. Hoje, existem poucos estudos envolvendo a cultura, que apesar de apresentar baixo rendimento dos pomares no Brasil, apresenta potencial para alcançar rendimentos elevados, principalmente com a adoção de tecnologias, como a polinização artificial e irrigação (LEMOS, 2014).

A espécie ainda é considerada uma cultura subutilizada, os plantios que existem hoje no país são realizados com materiais genéticos produzidos a partir de sementes. A disponibilidade de materiais superiores para cultivo ainda é muito escassa e não existem variedades registradas para plantio no Brasil.

Apesar da inexistência de cultivares de pinheira recomendadas para o Brasil, os programas de melhoramento têm buscado a seleção de materiais superiores que apresentem resistência a pragas e doenças, plantas vigorosas, com alto número de flores, frutos simétricos, entre outras (PINTO *et al.*, 2005). Vale ressaltar que desde 2001, a Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES), através do Grupo de Pesquisa em Produção Vegetal no Semiárido, vem desenvolvendo pesquisas e tecnologias objetivando incrementar a produtividade e ampliar as áreas de plantio com as culturas da pinheira e atemoieira no semiárido brasileiro. Recentemente, as pesquisas envolvendo o melhoramento genético da pinheira seguem em parceria com o Instituto de Ciências Agrárias da UFMG.

Por ser uma espécie alógama, a estratégia de melhoramento da pinheira deve buscar o aumento da frequência de alelos favoráveis (BRUCKNER, 1997; SCHUELTER; SCHUSTER, 2019). Dessa forma, a seleção recorrente é ferramenta importante para a estratégia visto que é possível aumentar a frequência dos genes favoráveis na população através de seleções em vários ciclos (RESENDE *et al.*, 2005).

A modalidade de seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos é um método de avaliação do teste de progênies que tem a finalidade de identificar as melhores famílias dentro da população e os melhores indivíduos dentro das famílias que obtiveram melhor desempenho. Nesta modalidade, os indivíduos que estão sendo testados irão participar da recombinação após a seleção (SILVA, 1982; PIRES, 1996).

Tal modalidade, é amplamente utilizada no melhoramento de espécies alógamas, sobretudo por ser de fácil condução, sendo utilizada na obtenção de variedades mais produtivas assim como no melhoramento de populações para extração de linhagens nos programas de produção de híbridos (PALOMINO, 1998). Progênes ou famílias de meios-irmãos representam a descendência de polinização aberta de uma planta, ou seja, todos os descendentes possuem um genitor em comum, a planta feminina, e vários genitores masculinos (PARTENIANI; VIÉGAS, 1987).

As estimativas dos parâmetros genéticos têm fundamental importância nos programas de melhoramento genético, pois possibilitam identificar a natureza da ação dos genes envolvidos no controle dos caracteres quantitativos, e assim, avaliar a eficiência das diferentes estratégias de melhoramento (DANTAS, 2014). Dentre os parâmetros genéticos, a herdabilidade e a repetibilidade assumem papel importante nos testes de progênes (COSTA, 1999).

A herdabilidade permite ao melhorista entender qual parcela dos efeitos genéticos que são expressos no fenótipo do indivíduo, onde o valor genotípico é o fator que influenciará a próxima geração (FALCONER; MACKAY, 1996).

O coeficiente de repetibilidade correlaciona as medidas repetidas em um mesmo indivíduo, durante certo tempo ou espaço (CRUZ *et al.*, 2004). Dessa forma, permite ao melhorista avaliar o dispêndio de recursos, tempo e mão-de-obra necessários para que a seleção de indivíduos geneticamente superiores seja feita com a precisão necessária (NETO *et al.*, 2002).

Dessa forma, a utilização de modelos mistos, a exemplo da metodologia REML/BLUP (*Residual Maximum Likelihood Method and the Best Linear Unbiased Predictor*), tem sido amplamente utilizada no melhoramento genético de fruteiras para estimar os parâmetros genéticos. Tais modelos tem apresentado resultados satisfatórios na geração de informação a respeito da estrutura genética da população em estudo (RESENDE, 2007).

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Estabelecer estratégias para o melhoramento genético de progênies de meios-irmãos de *Annona squamosa* L.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Estimar os parâmetros genéticos, correlações e predições de ganhos de seleção diretos, indiretos e simultâneos em progênies de meios-irmãos de *Annona squamosa* L.;
- Estimar o número ideal de medidas a serem consideradas para a seleção assertiva de genótipos superiores de *A. squamosa* L. e quando essas medições devem ser feitas.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Importância econômica e cultivo

De acordo com dados da FAO (2018), o Brasil é o terceiro maior produtor de frutas do mundo, ficando atrás apenas China e Índia, respectivamente. Dados do Anuário Brasileiro de Horti e Fruti (2020), mostram que a produção brasileira de frutas em 2019 foi de 43 milhões de toneladas. Os principais estados produtores de frutas no país, de acordo com a área colhida, são respectivamente, São Paulo, Bahia, Rio Grande do Sul e Minas Gerais (IBGE, 2016).

O Nordeste, destaca-se como grande produtor de frutas, sendo o estado da Bahia responsável por mais de 15,8% dos hectares de frutas colhidas no Brasil, o Ceará por 5,20 % e Pernambuco com 3,8%. Enquanto na região Sudeste, São Paulo responde por 27,7% e Minas Gerais por 6,4% dos hectares de frutas colhidas no país (IBGE, 2016).

O Brasil contempla uma das maiores áreas de cultivo da pinheira (*A. squamosa* L.) no mundo, ocorrendo principalmente nas regiões Nordeste e Sudeste (PEREIRA; BORÉM, 2021). Os dados do senso de 2017, indicavam que os estados do Nordeste foram responsáveis por 96% da produção nacional. No Nordeste, o estado da Bahia se figurava como grande produtor da anonácea no país, sendo responsável por aproximadamente 82% da produção, seguido pelos estados do Rio Grande do Norte, Alagoas e Ceará. No Sudeste, os estados de São Paulo e Minas Gerais também apresentaram produção considerável da fruta (IBGE, 2017).

Em Minas Gerais, o cultivo comercial da pinheira ocorre principalmente no norte do estado, na região da Jaíba (PEREIRA; BORÉM, 2021). Os produtores da região são atraídos pelos preços alcançados pela fruta, pela capacidade de adaptação edafoclimática das plantas, elevada produtividade e pela possibilidade de produzir até duas safras por ano (PEREIRA *et al.*, 2011; LEMOS, 2014).

A pinha, muito apreciada pelo excelente sabor, tem dominado a destinação de quase a totalidade da produção nacional para o mercado de frutas frescas (BRAGA SOBRINHO, 2010). O rendimento médio dos pomares brasileiros aumentou cerca de 25 % de 2006 para 2012 com rendimento médio de 5,35 t/há. Porém tal rendimento pode melhorar bastante como visto em alguns municípios baianos que apresentam rendimento de 10t/ha/ano. Tal, incremento no rendimento provavelmente ocorre em função do uso de novas tecnologias (LEMOS, 2014).

Vários avanços foram observados na cadeia produtiva de frutíferas no Brasil. Entretanto, alguns importantes desafios estão associados ao cultivo da pinheira, que vão desde a escassez de estudos iniciais envolvendo o manejo da frutífera até pesquisas mais avançadas para seleção de genótipos com qualidades agrônômicas desejáveis e adaptados às diversas regiões produtoras do Brasil (ARAÚJO *et al.*, 1999; SILVA *et al.*, 2009).

A pinheira se caracteriza pela alta dependência de mão de obra, sendo fundamental para o sucesso do cultivo, realizar a poda de formação, poda de frutificação, polinização artificial, além das práticas comuns de manejo como capina, adubação, irrigação, controle de pragas e doenças (LEMOS, 2014).

O baixo índice de pegamento das flores na cultura, se configura como uma das principais limitações para o incremento da produtividade. De acordo com Campos *et al.* (2002), apenas cerca de 5 a 10% das flores das plantas desenvolvem frutos, além disso, os frutos geralmente são pequenos e mal formados, sendo importante realizar a polinização artificial.

Por outro lado, a pinheira tolera diferentes condições edafoclimáticas, adaptando-se a regiões tropicais onde o clima é mais quente e úmido. Se adapta ao clima das regiões semiáridas, apresentando boa produtividade, porém, o estresse hídrico durante as fases de floração e frutificação podem comprometer a produção da planta (CRANE *et al.*, 2005; SÃO JOSÉ, 2014).

### 3.2 Origem e descrição botânica

Os frutos de *Annona squamosa* L., podem assumir diversos nomes populares podendo ser chamados de pinha, ata ou fruta-do-conde (RADUNZ *et al.*, 2019). A pinheira pertence ao reino vegetal; divisão Angiospermae; classe Eudicotyledoneae; ordem Magnoliales; família Annonaceae; subfamília: Annonoideae; gênero *Annona*; espécie *Annona squamosa* L. (APG III, 2009).

A pinheira é uma anonácea que tem origem na América Central, mais precisamente na região das Antilhas (RADUNZ *et al.*, 2019). É uma espécie de grande importância econômica que atualmente é cultivada nas regiões tropicais e subtropicais do mundo (YANG *et al.*, 2009; SÃO JOSÉ *et al.*, 2014).

No Brasil, foi introduzida na região da Bahia, na terceira década do século XVII. Consta-se que o conde de Miranda introduziu os primeiros pés dessa frutífera. Sendo cultivada no Brasil, comercialmente ou em pequenos plantios domésticos (BRAGA SOBRINHO, 2014).

A pinheira é considerada uma árvore perene, ramificada, decídua, de porte baixo podendo medir cerca de quatro a seis metros de altura. As folhas possuem formato lanceolado a oblongo, de coloração verde-brilhante e podem medir até quinze centímetros de comprimento por cerca 6 cm de largura (MOSCA *et al.*, 2006).

As flores da pinheira são pendentes e medem cerca de 2,5 cm de comprimento. São compostas por três pétalas verdes e carnudas, três pequenas sépalas, numerosos pistilos que ocupam o centro cônico do receptáculo e as anteras se localizam na periferia (VITHANAGE, 1984; CRANE *et al.*, 2005).

As flores são classificadas como hermafroditas, porém apresentam um fenômeno chamado dicogamia protogínica. Ou seja, as partes feminina e masculina se apresentam funcionais em momentos distintos, sendo a parte feminina amadurece primeiro. A pequena abertura das pétalas associado a dicogamia protogínica, configuram obstáculo para que ocorra a polinização natural das flores (PEREIRA *et al.*, 2011).

Embora a pinheira produza uma grande quantidade de flores a cada safra, estima-se que apenas 5 a 10% de pinhas efetivamente se formem (CAMPOS *et al.*, 2004). Dessa forma, a polinização artificial é muito importante em situações de plantio comercial para elevar a produtividade das plantas (PEREIRA *et al.*, 2011).

O fruto da pinheira é classificado como sincarpo de formato arredondado, ovóide, esférico ou cordiforme e é formado por carpelos cobertos externamente por uma saliência achatada em forma de tubérculos regularmente expostos (MANICA *et al.*, 2003; MOSCA *et al.*, 2006;). Medem cerca de 5 a 10 cm de diâmetro e pesam entre 120 e 330g, o tamanho do fruto pode variar de acordo com a cultivar, polinização, nutrição e outros fatores (PINTO *et al.*, 2005). A superfície externa é verde-escura, coberta no início do desenvolvimento do fruto por um pó esbranquiçado, existem também frutos amarelos ou roxos (MANICA *et al.*, 2003).

A polpa é branca translúcida, de cor creme, possui sabor doce e agradável (PINTO *et al.*, 2005). As sementes são numerosas, sendo 50 ou mais por fruto. Essas apresentam formato oblongo, de cor preta ou marrom escura, com aproximadamente 1,25 cm de comprimento, ocupando um espaço de 30 a 40% da polpa (LEAL, 1990). Segundo Araújo *et al.* (1998) as características físicas e químicas da polpa mostram um teor de sólidos solúveis acima de 20° Brix e acidez total titulável abaixo de 0,24%.

### 3.3 Recursos genéticos e melhoramento

No mundo, existem cerca de 1.741 acessos do gênero *Annona*, que são conservados em bancos de germoplasma, sendo que predominam acessos de *A. cherimola*, *A. squamosa* e *A. muricata*. No Brasil, se encontra o maior número de acessos de pinha, somando 92 acessos (INTERNATIONAL PLANT GENETIC RESOURCES INSTITUTE, 2000). De acordo com Pereira *et al.* (2011), a conservação e a caracterização de tais recursos genéticos é ferramental fundamental para o desenvolvimento de novas variedades.

Uma limitação associada ao cultivo da pinheira é a escassez de material disponível para cultivo. Em todas as regiões de produção, basicamente uma única variedade ou seleção é produzida (MANICA *et al.*, 2003; PINTO *et al.*, 2005).

Ainda não existe cultivar de pinheira recomendada para plantio no Brasil. Foi selecionada uma única variedade no Brasil, de nome *Brazilian Seedless*, sem sementes. Porém, tal variedade

apresenta formato irregular dos frutos e problemas na conservação pós-colheita, sendo características indesejáveis nos plantios comerciais (NIETSCHÉ, no prelo; PEREIRA *et al.*, 2011).

O que existe no Brasil hoje, são algumas seleções, materiais superiores desenvolvidos para plantio comercial, sendo eles, Pinha FAO I, Pinha AP e Pinha FAO II, indicados por Araújo *et al.* (1999). Outros genótipos selecionados para o Nordeste brasileiro também foram indicados por Carvalho *et al.* (2000), com destaque para a IPA-18-2, IPA-17-2 e IPA-17-3, apresentando produções médias anuais de 11,7; 10,6 e 10,6 kg de frutos/planta, respectivamente. E também por Cavalcante *et al.* (2011), que avaliaram a produtividade, características físicas e químicas de frutos de dez genótipos de pinheira no município de Bom Jesus, PI, e recomendaram os genótipos Gen-01 e Gen-02 para instalação em plantios comerciais.

No mundo existem algumas variedades comerciais de pinheira, de acordo com Piza Junior e Kavati (1996), na Índia podem ser encontradas as variedades '*Barbadose Seedling*', '*Balanagar*', '*Pond Apple*' e '*Sahebganj*'. Já na Flórida pode ser encontrada a variedade *Lessard Thai*, que apresenta casca verde e a cultivar *Kampong Mauve*, de casca vermelha (PEREIRA *et al.*, 2009).

Os programas de melhoramento genético têm buscado a seleção de materiais superiores que mantenham características importantes para o cultivo da pinheira como alto vigor das plantas, alta resistência a pragas e doenças, resistência ao frio e ao stress hídrico, formato simétrico dos frutos, alto percentual de pegamento natural dos frutos, excelente qualidade dos frutos, em especial aos aspectos relacionados ao sabor, ausência de fibras, polpa firme e um baixo número de sementes (MAHDEEM, 1990).

Dessa forma, esforços científicos que englobem a seleção de materiais superiores que apresentem características desejáveis, principalmente no sentido de produtividade e qualidade de frutos merecem destaque, visto que irão disponibilizar informações importantes sobre implantação dos pomares e índices produtivos compatíveis com as exigências do consumidor brasileiro (CAVALCANTE *et al.*, 2007).

### **3.4 Melhoramento genético de espécies perenes**

De acordo com Resende (2002), o melhoramento genético de plantas perenes ocorre de forma diferente ao de plantas anuais, devido ao comportamento biológico peculiar das espécies perenes. Alguns destes comportamentos se referem ao ciclo de produção longo, a expressão de caracteres ao longo da idade da planta, a sobreposição de gerações e longo período de juvenilidade. A seleção deve ser, portanto, muito rigorosa, com base em experimentos eficientes e métodos de seleção precisos (MASSARO *et al.*, 2010).

As estratégias de seleção recorrente são muito importantes no melhoramento de espécies perenes devido a necessidade de conseguir o ganho mais elevado possível em cada ciclo seletivo. A

seleção recorrente é caracterizada por um processo seletivo que ocorre em vários ciclos, e através das seleções que ocorrem em cada ciclo é possível aumentar a frequência dos genes favoráveis na população (RESENDE *et al.*, 2005).

Para diminuir o erro experimental em programas de melhoramento com plantas perenes, é importante estar atento a quesitos como número e tamanho de parcelas, número de repetições, quantidade de indivíduos por progênie e delineamento adotado, tais fatores influenciam os parâmetros genéticos importantes para a seleção da população (FONSECA *et al.*, 2010).

No melhoramento de populações alógamas, como é o caso da pinheira, o objetivo é aumentar a frequência dos alelos favoráveis (AGUIAR, 2018), sendo que uma das formas mais eficientes para o aumento da frequência de genes favoráveis é por meio da seleção com teste de progênies (BRUCKNER, 1997).

Para alcançar o sucesso no melhoramento genético de uma espécie é fundamental o acerto na escolha dos melhores indivíduos que serão utilizados como genitores das próximas gerações (CRUZ; CARNEIRO, 2003). Os ensaios de progênie permitem discriminar os indivíduos superiores que serão utilizados em novos ciclos de melhoramento e tem sido um método bastante utilizado no melhoramento de plantas perenes. Tal método, auxilia o melhorista a alcançar populações mais produtivas, de acordo com seu interesse (NEGREIROS, 2006).

O teste de progênie é uma ferramenta que tem auxiliado os melhoristas a estimar os parâmetros genéticos e a selecionar indivíduos, buscando avaliar a variância genética a fim de quantificar e maximizar os ganhos genéticos, utilizando procedimentos de seleção adequado (COSTA *et al.*, 2012). A avaliação das progênies das plantas selecionadas permite identificar se a superioridade de uma planta selecionada ocorre devido aos efeitos ambientais ou genéticos (AGUIAR, 2018).

A modalidade de seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos é um método de avaliação do teste de progênies que tem a finalidade de identificar as melhores famílias dentro da população e os melhores indivíduos dentro das famílias que obtiveram melhor desempenho. Nesta modalidade, os indivíduos que estão sendo testados irão participar da recombinação após a seleção (SILVA, 1982; PIRES, 1996).

Em pinheiras, o aumento da demanda do mercado consumidor pelos frutos, tem estimulado estudos visando a obtenção de novas cultivares (SOUSA *et al.*, 2001). Nesse sentido, Silva *et al.* (2007), utilizaram o teste de progênie para avaliar o rendimento e a qualidade de frutos em *Annona squamosa*. Da mesma forma, o teste de progênie também foi adotado por Mariguele *et al.* (2011), em estudo que avaliou a produção de frutos de *Annona squamosa*.

### 3.5 Parâmetros genéticos e predição dos valores genotípicos

A eficiência da estratégia de melhoramento genético depende essencialmente do conhecimento prévio a respeito dos mecanismos genéticos responsáveis pela herança da característica a ser melhorada (RESENDE, 2002). No caso das fruteiras, apesar da grande importância para o agronegócio, são escassos os estudos que envolvem estimativa de parâmetros genéticos e dados de medidas repetidas (RESENDE, 2000).

Nos programas de melhoramento, as estimativas de parâmetros genéticos e predição de ganhos a partir dos testes de progênie tem sido amplamente utilizado como base na definição de estratégias mais adequadas, pois geram informações a respeito do potencial genético do indivíduo a ser selecionado para um novo ciclo de seleção (RESENDE, 1991; FERNANDES *et al.*, 2004). É importante ressaltar que os parâmetros estimados, são válidos somente para a população que foi submetida a análise, não podendo ser extrapolada as demais populações (VENCOVSKY, 1987).

Tais estimativas são importantes para fornecer informações a respeito da ação dos genes envolvidos nas características quantitativas, auxiliar na definição da estratégia adequada de seleção e estimar os progressos esperados na seleção (VENCOVSKY, 1969). A estimativa dos parâmetros genéticos em espécies perenes é ainda mais relevante do que para plantas anuais. Devido ao longo ciclo destas espécies, sendo assim a tomada de decisão do melhorista deve ser a mais acertada possível (BISON, 2004).

As características quantitativas, que na sua maioria estão associadas ao desempenho agrônomo das variedades, como produção, adaptabilidade e estabilidade, são controladas por mais de um gene, em diversos loci (AGUIAR, 2018).

Dentre os parâmetros genéticos quantitativos que são mais relevantes, se destacam as variâncias genéticas, a herdabilidade no sentido amplo e restrito, a repetibilidade, o ganho genético e as associações entre os caracteres (COSTA, 1999). Tais parâmetros genéticos possibilitam entender melhor a estrutura genética de uma população, assim como o potencial que esta apresenta para o melhoramento (SILVA, 2015).

Caso haja, na população em estudo, variação quantitativa, visto que tal variação é muito influenciada pelos efeitos ambientais, é importante saber quanto dessa variação tem origem genética. Tal estimativa é denominada herdabilidade e é expressa pela proporção da variação fenotípica total, que é devida a causas genéticas (ou ao genótipo) para uma determinada característica (SCHUELTER; SCHUSTER, 2019). Por meio da herdabilidade é possível definir as estratégias de melhoramento que são mais apropriadas para cada espécie (WHITE *et al.*, 2007).

Dentre os principais procedimentos para a estimação dos parâmetros genéticos em testes de progênies, destacam-se a análise de variância (ANOVA) e o REML/BLUP (CRUZ, 2003).

### 3.6 Utilização de modelos mistos no melhoramento de plantas perenes

Os modelos mistos permitem acurada predição de valores genéticos e genotípicos em experimentos envolvendo dados desbalanceados e com medidas repetidas, apresentando importante aplicabilidade e utilidade em programas de melhoramento genético de espécies perenes (RESENDE *et al.*, 2000). Para esse grupo de plantas, a técnica analítica padrão recomendada para os estudos sobre genética quantitativa e seleção de genótipos é a REML/BLUP (RESENDE *et al.*, 2001).

O procedimento REML/BLUP tem sido usado no melhoramento de fruteiras no Brasil. Para a seleção de progênies e indivíduos, os relatos na literatura indicam resultados promissores para o guaranazeiro (ATROCH *et al.*, 2010), maracujazeiro (ASSUNÇÃO *et al.*, 2015), umbuzeiro (OLIVEIRA *et al.*, 2004), açazeiro (FARIAS NETO; RESENDE; OLIVEIRA, 2008), dentre outros. No melhoramento genético da pinheira, a ferramenta REML/BLUP foi utilizada por Mariguele *et al.* (2011).

Para espécies perenes, a etapa de avaliação é a mais onerosa e demorada, dessa forma, lançar mão de metodologias eficientes que elevam a precisão do processo seletivo é muito importante (FARIAS NETO *et al.*, 2008). De acordo com SILVA (2015) a metodologia de avaliação genética REML/BLUP é considerada ótima pois permite a predição de valores genéticos e a estimação de componentes da variância de forma simultânea.

O procedimento BLUP, de uma maneira geral, auxilia na predição de valores genéticos pela melhor predição linear não viciada, enquanto o REML auxilia na estimação de componentes da variância por máxima verossimilhança restrita (RESENDE *et al.*, 2001).

O BLUP possibilita estimar os ganhos genéticos aditivos, de dominância e genotípicos, além de corrigir os dados para efeitos ambientais identificáveis, tais como efeitos de bloco, local, época, dentre outros (FONSECA *et al.*, 2010; RESENDE *et al.*, 2001). A metodologia BLUP também tem a funcionalidade de prever os valores genéticos dos indivíduos (RESENDE *et al.*, 2001).

A metodologia REML é o procedimento indicado para a estimação dos componentes de variância em caso de dados desbalanceados ou delineamentos não ortogonais, por consequência de blocos aumentados ou incompletos (FONSECA *et al.*, 2000). Por meio desta metodologia, é possível estimar valores genéticos, fenotípicos, componentes de variância, herdabilidade no sentido amplo e restrito, variância ambiental, dentre outros. Dessa forma, se torna possível um melhor entendimento da estrutura genética da população em estudo e do seu potencial para o melhoramento (SILVA, 2015).

O uso das ferramentas REML e BLUP aliadas, sendo chamadas modelos mistos possibilitam resultados mais acurados, visto que, maximizam os ganhos genéticos obtidos, em especial quando se trata de parcelas desbalanceadas (VERARDI *et al.*, 2009). O software SELEGEN- REML/BLUP, desenvolvido pelo professor e pesquisador Marcos Deon de Vilela Resende, é amplamente utilizado

para analisar dados agronômicos utilizando a metodologia de modelos lineares mistos, sendo em experimentos desbalanceados e balanceados (RESENDE, 2007).

### 3.7 Índice de Seleção Mulamba e Mock

Nos programas de melhoramento genético, é comum mensurar vários caracteres com o objetivo de se praticar a seleção simultânea para alguns deles. Os índices de seleção possibilitam associar as informações relativas a vários caracteres de interesse ao melhorista com as propriedades genéticas da população avaliada (CRUZ; REGAZZI, 1994). É considerado a união linear de valores fenotípicos, que resulta numa medida que reúne, em num valor único, os méritos e os deméritos de cada genótipo para vários caracteres (GARCIA; SOUZA JÚNIOR, 1999).

Através dos índices de seleção, é possível melhorar, simultaneamente, diversos caracteres, mesmo que não haja correlação entre eles (VILARINHO *et al.*, 2003). Tais índices funcionam como um caractere adicional que resulta da combinação de diversas características sobre as quais se deseja obter respostas à seleção (SANTOS *et al.*, 2007).

De maneira geral, o ganho sobre o caráter é reduzido, porém tal redução é compensada por uma melhor distribuição dos ganhos favoráveis nos demais caracteres (BÁRBARO *et al.*, 2007). Através dos índices de seleção, é possível identificar de maneira rápida e eficiente, as progênies que podem ser mais adequadas para os interesses do melhorista (CRUZ; REGAZZI, 1994).

O índice de Mulamba e Mock é baseado no somatório de *ranks* e consiste em classificar os genótipos para cada caractere em uma ordem favorável ao melhorista que pode escolher se o índice será para maior ou menor para cada caractere. Com as diferenças nas ordens de cada genótipo é realizada a soma e então resultando no índice de seleção (BIZARI *et al.*, 2017; MULAMBA; MOCK, 1978). Tal índice é ferramenta bastante utilizada no melhoramento de plantas perenes e pode ser utilizado na seleção de genótipos nas fases finais dos programas de melhoramento (SANTOS, 2005; ASSUNÇÃO *et al.*, 2015).

O índice de soma de classificação (MULAMBA; MOCK, 1978) é obtido pela expressão:

$$I_{MMi} = \sum_{j=1}^m n_{ij}$$

Em que  $I_{MMi}$  é o índice de Mulamba e Mock (1978) do genótipo  $i$ , e  $n_{ij}$  é o número de classificação do genótipo  $i$  com relação ao caráter  $j$ . Nesse índice, os menores valores de  $I_{MMi}$  correspondem aos melhores genótipos, que assim são facilmente classificados, sem a necessidade de obtenção de estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos (SANTOS, 2005).

### 3.8 Referências

- AGUIAR, G. A. **Ação gênica e estimação de parâmetros genéticos em cruzamentos de arroz irrigado**. 2018. 131f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Pelotas, Rio Grande do Sul, 2018.
- ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 161, n. 2, p. 105-121, 2009.
- CARVALHO, C.; KIST, B. B.; BELING, R. R. Anuário Brasileiro de horti & fruti 2020. **Santa Cruz do Sul**: Gazeta Santa Cruz, 2020. 96p.
- ARAÚJO, J.F.; ARAÚJO, J.F.; ALVES, A.A.C. **Instruções técnicas para o cultivo da pinha (*Annona squamosa* L.)**. Salvador: EBDA, 1999. 44 p.
- ASSUNÇÃO, MARCELO PEREIRA; KRAUSE, W.; DALLACORT, R.; SANTOS, P.R.J.; NEVES, L.G. Seleção individual de plantas de maracujazeiro azedo quanto à qualidade de frutos via REML/BLUP. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 2, p. 57-63, 2015.
- ATROCH, A.L.; NASCIMENTO FILHO, F.J.; RESENDES, M.D.V.; LOPES, R., CLEMENT; C.R. Avaliação e seleção de progênies de meios-irmãos de guaranazeiro. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 53, n. 2, p. 123-130, 2010.
- BÁRBARO, I.M., DA CRUZ CENTURION, M.A.P., DI MAURO, A.O., UNÊDA-TREVISOLI, S. H.; COSTA, M. M. Comparação de estratégias de seleção no melhoramento de populações F5 de soja. **Revista Ceres**, v. 54, n. 313, p. 251-262, 2007.
- BISON, O. **Melhoramento de *Eucalyptus* visando à obtenção de clones para a indústria de celulose**. 2004. 169f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Lavras. Lavras - MG, 2004.
- BRAGA SOBRINHO, R. Potencial de exploração de anonáceas no nordeste do Brasil. **Embrapa Agroindústria Tropical. Fortaleza**, 2010.
- BRAGA SOBRINHO, R. Produção integrada de Anonáceas no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. especial, p. 102-107, 2014.
- BRUCKNER, C.H. **Perspectivas do melhoramento do maracujazeiro**. 1. ed. Porto Alegre: Cinco Continentes, 1997. 25-46 p.
- CAMPOS, R.S; LEMOS, E.E.P; OLIVEIRA, J.F; FONSECA, F.K.P. CAMPOS, Rousseau da Silva et al. Polinização natural, manual e autopolinização no pegamento de frutos de pinheira (*Annona squamosa* L.) em Alagoas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, p. 261-263, 2004.
- CAVALCANTE, I.H.L.; MARTINS, A.B.G.; OLIVEIRA, I.V.M.; BECKMANN-CAVALCANTE, M.Z. Características de frutos de cinco variedades de caqui madurados en la planta o en post cosecha. **Revista de Biología e Ciências da Terra**, v. 7, n. 2, 2007.
- CARVALHO, P.S. DE; BEZERRA, J.E.F., LEDERMAN, I.E.; ALVES, M.A.; MELO NETO, M.L. Avaliação de genótipos de pinheira (*Annona squamosa* L.) no vale do rio Moxotó III- Características de crescimento e produção -1992 a 1997. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 22, n. 1, p. 27-30, 2000.
- CAVALCANTE, I.H.L.; MOURA, M.C.S.; ROCHA, L.F.; JÚNIOR, G.B.S.; MARTINS, L.V.; SILVA, R.R.S. Seleção preliminar de genótipos de pinheira em Bom Jesus-PI. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 34, p. 173–181. 2011.

CENSO AGROPECUÁRIO 2006. Resultados preliminares. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. Disponível em:  
<http://www.sidra.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006/default.shm>.  
 Acesso em: 6 jul. 2020.

COSTA, R.B. **Métodos de seleção, interação genótipo x ambiente e ganho genético para o melhoramento de seringueira no Estado de São Paulo**. 1999. 145f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

COSTA, R.B.; RESENDE, M.D.V.; GONÇALVES, P.D.S.; REGO, F. Genetic evaluation of *Hevea brasiliensis* [(Willd ex Adr. de Juss.) Müell. Arg.] for juvenile vigour using the Reml/Blup method. **Floresta e Ambiente**, v. 12, n. 2, p. 8-14, 2012.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 10 ed. Viçosa : UFV, 2003. 585p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1994. 390p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2004. 480p.

DANTAS, J.I.A. **Avaliação de famílias de meio-irmãos de duas populações de maxixe**. 2014. 50f. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal do Semi-Árido, Mossoró- RN. 2014.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. FAOSTAT - Food and agriculture data. 2018. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#home>. Acesso em: 3 mar. 2020.

FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F.C. **Introduction to quantitative genetics**. 4. ed. Essex: Longman, 1996. 464 p.

FARIAS NETO, J.T.D.; RESENDE, M.D.V.D.; OLIVEIRA, M.D.S.P.D.; NOGUEIRA, O.L.; FALCÃO, P.N.B.; SANTOS, N.S.A. D. Estimativas de parâmetro genéticos e ganhos de seleção em progênies de polinização aberta de açaizeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, p. 1051-1056, 2008.

FERNANDES, J.S.C.; RESENDE, M.D.V.; STURION, J.A.; MACCARI JR., A. Estudo comparativo de delineamentos experimentais para estimativas de parâmetros genéticos em erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. – Hil.). **Revista Árvore**, v. 28, p. 663-671, 2004.

FONSECA, S.M.; RESENDE, M.D.V.; ALFENAS, A.C.; GUIMARÃES, L.M.S.; ASSIS, T.F.; GRATAPAGLIA, D. **Manual Prático de Melhoramento Genético do Eucalipto**. Viçosa: UFV. 2010. 200p.

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

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário 2017**. Cartograma - Fruta-de-conde do Brasil por Quantidade produzida. Resultados Definitivos. Disponível em:  
[https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo\\_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=0&tema=76297](https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=0&tema=76297). Acesso em: 03 mar. 2020.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção Agrícola Municipal – PAM, 2016. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/lspa/Tabelas>. Acesso em: 14 fev. 2020.

INTERNATIONAL PLANT GENETIC RESOURCES INSTITUTE. **Annual Report 2000**: Directory of Germplasm Collection. Roma, 2001. 36p.

LEAL, F. Sugar Apple. In: Nagy, S.P. Shaw, y W. Wardowski (eds.). Fruits of tropical and subtropical origin. Composition, properties and uses. **Florida Science**, Lake Alfred, Florida. 1990. 149-158p.

LEMOS, E.E.P. The production of annona fruits in Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura** 36.SPE1. 2014. p. 77-85.

MAHDEEM, H. **Other Annonaceae Fruits**. Tropical Fruit World, v. 1, 1990. p. 118-121.

MANICA, I.; ICUMA, I.M.; JUNQUEIRA, K.P.; OLIVEIRA, M.A.S.; CUNHA, M.M.; OLIVEIRA JR, M.E.; JUNQUEIRA, N.T.V.; ALVES, R.T. **Frutas Anonáceas: Ata ou Pinha, Atemólia, Cherimólia e Graviola**. Tecnologia de Produção, Pós-Colheita, Mercado. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2003. 596p.

MARIGUELE, K.H., RESENDE, M.D.V.D., VIANA, J.M.S., SILVA, F.F., SILVA, P.S.L.D.; KNOP, F.D.C. Métodos de análise de dados longitudinais para o melhoramento genético da pinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 1657-1664, 2011.

MOSCA, J.L.; CAVALCANTE, C.E.B.; DANTAS, T.M. Características botânicas das principais anonáceas e aspectos fisiológicos de maturação. Fortaleza: **Embrapa Agroindústria Tropical**, 2006. 28p.

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

NEGREIROS, J.R.S. **Seleção combinada, massal e entre e dentro, análise de trilha e repetibilidade em progênies de meios-irmãos de maracujazeiro (*Passiflora ora edulis* f. *flavicarpa*)**. 2006. 128f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2006.

NETO, J.T.; YOKOMIZO, G.; BIANCHETTI, A. Coeficientes de repetibilidade genética de caracteres em pupunheira. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 24, n. 3, p. 731-733, 2002.

NIETSCHE, S.; PEREIRA, M.C.T.; SANTOS, F.S.; XAVIER, A.A.; CUNHA, L.D.M.V.; NUNES, C.F.; SANTOS, F.A. Polinização artificial de flores de pinha (*Annona squamosa* L.) de diferentes tamanhos. **Ceres**, v. 50, n. 290, 2015.

OLIVEIRA, V.R.D.; RESENDE, M.D.V.D.; NASCIMENTO, C.E D.S.; DRUMOND, M.A.; SANTOS, C.A.F. Variabilidade genética de procedências e progênies de umbuzeiro via metodologia de modelos lineares mistos (REML/BLUP). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 1, p. 53-56, 2004.

PALOMINO, E.C. **Tamanho da amostra para avaliação de famílias de meios-irmãos de milho**. 1998. 89 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Genética e melhoramento de plantas. Universidade Federal de Lavras, Lavras. 1998.

PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G.P. Melhoramento de populações. In: **Melhoramento e produção do milho**. Campinas: Fundação Cargil, 1987. cap. 6, 217-265p.

PEREIRA, M.C.T., BANDEIRA, N., JÚNIOR, R.C.A., NIETSCHE, S., JÚNIOR, M.X.D.O., ALVARENGA, C.D., OLIVEIRA, J.R. Efeito do ensacamento na qualidade dos frutos e na incidência da brocados- frutos da atemoieira e da pinheira. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.2, p.389-396, 2009.

PEREIRA, M.C.T.; BORÉM, A. **Anonáceas: do plantio á colheita**. Viçosa: UFV, 2021. 13p.

PEREIRA, M.C.T.; NIETSCHE, S.; COSTA, M.R.; CRANE, J.H.; CORSATO, C.D.A.; MIZOBUTSI, E.H. "Anonáceas: pinha, atemoia e graviola." **Informe Agropecuário, Belo Horizonte** 32.264 .2011. 26-34p.

PINTO, A.C.Q.; CORDEIRO, M.C.R.; ANDRADE, S.R.M.; FERREIRA, F.R.; FILGUEIRAS, H.A.C.; ALVES, R.E.; KINPARA, D.I. *Annona species*. **International Centre for Underutilised Crops**, University of Southampton, UK. 2005.284p.

PIRES, I.E. **Eficiência da seleção combinada no melhoramento genético de Eucaliptus spp.** 1996. 116 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento. Universidade Federal de Viçosa, 1996.

PIZA JUNIOR, C.T.; KAVATI, R. **Anonáceas**. Campinas: CATI, 1996.

RADÜNZ, M., CAMARGO, T.M., RIBEIRO, J.A., RADÜNZ, A.L. **Fruta do conde e saúde (*Annona squamosa*, L.)**: uma breve revisão. *Visão Acadêmica*, v. 20, n. 1, 2019.

Relatório de Fases Produtivas, PROGRAMA DE FRUTICULTURA. CODEVASF, 2001. Disponível em: [www.codevasf.org.br](http://www.codevasf.org.br). Acesso em: 4 jul. 2020.

RESENDE, M.D.; SIMEÃO, R. M.; FERNANDES, J. S. C. BLUP individual com medidas repetidas aplicado ao melhoramento de espécies perenes. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 24, p. 986-997, 2000.

RESENDE, M.D.V. **Correções nas expressões do progresso genético com seleção em função da amostragem finita dentro de famílias de populações e implicações no melhoramento florestal**. Colombo: Boletim Pesquisa Florestal. n. 22/23, p. 61-77, 1991.

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

RESENDE, M.D.V. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**, Colombo: Embrapa Florestas, 2007a. 362p.

RESENDE, M.D.V. **SELEGEN-REML/BLUP**: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos. Colombo: Embrapa Florestas, 2007b. 361p.

RESENDE, M.D.V.; BARBOSA, M.H.P.; REZENDE, G.D.S.; AGUIAR, A.M.; DIAS, L.D.S.; STURION, J. A. Métodos e estratégias de melhoramento de espécies perenes: estado da arte e perspectivas. Gramado. In: **Embrapa Florestas-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 3., 2005, Gramado. Anais. Passo Fundo: Embrapa Trigo;[s. l.]: Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas, 2005.

RESENDE, M.D.V.; FERNANDES, J.S.C. Procedimento BLUP individual para delineamentos experimentais aplicados ao melhoramento florestal. **Revista de Matemática e Estatística**, Marília, v.17, p.87-109, 1999.

RESENDE, M.D.V.; SIMEÃO, R.M.; FERNANDES, J.S.C. Blup individual com medidas repetidas aplicado ao melhoramento de espécies perenes. **Ciência e Agrotecnologia**, v.24, p.986 997, 2000.

RESENDE, M.D.V.D.; FURLANI-JÚNIOR, E.; MORAES, M.L.T.D.; FAZUOLI, L.C. Estimativas de parâmetros genéticos e predição de valores genotípicos no melhoramento do cafeeiro pelo procedimento REML/BLUP. **Bragantia**, v. 6, p. 185-193, 2001.

SANTOS, F.S.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; FREITAS JÚNIOR, S.P.; RANGEL, R.M.; PEREIRA, M.G. Predição de ganhos genéticos por índice de seleção na população de Milho-Pipoca UNB-2U sob Seleção Recorrente. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 3, p. 389-396, 2007.

SANTOS, V.S. **Seleção de pré - cultivares de soja baseada em índices**. 2005. 104 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

SÃO JOSÉ, A.R., PIRES, M.D.M., FREITAS, A.L.G.E., RIBEIRO, D.P.; PEREZ, L.A.A. Atualidades e perspectivas das Anonáceas no mundo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, p. 86-93, 2014.

SILVA, P.S.L.; ANTONIO, R.P.; MARIGUELE, K.H.; SILVA, K.M.B.; LIMA, L.K.; SILVA, J.C.V. Estimates of genetic parameters for fruit yield and quality in custard apple progenies. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 3, p. 550-558, 2007.

SILVA, L.E. **Variabilidade e estimação de parâmetros genéticos via modelos mistos em Canafístula**. 2015. 54 f. 2015. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados. 2015.

SILVA, M.A. **Métodos de seleção**. Viçosa: UFV, 1982. 51 p.

SILVA, S.A.; DANTAS, A.C.V. L.; COSTA, M.A.P. C.; FERREIRA, C.F.; FONSECA, A.A.O. **Caracterização de genótipos de fruteiras potenciais para o Nordeste brasileiro**. Tópicos em ciências agrárias. Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia- UFRB, 2009. v.1, p.17-24.

SOUSA, V. A. B.; ARAÚJO, E. C. E.; VASCONCELOS, L. F. L. Perspectivas do melhoramento de espécies nativas do nordeste brasileiro. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 1., 2001, Goiânia, GO. **Anais [...]**. Goiânia: Embrapa-CNPAP/SBMP, 2001. CD-ROM.

VENCOVSKY, R. Genética quantitativa, I. *In*: KERR, W. E. **Melhoramento e genética**. São Paulo: Melhoramento, 1969. p.17-38.

VENCOVSKY, R. Genética quantitativa, I. *In*: KERR, W.E. **Melhoramento e genética**. São Paulo: Edições Melhoramento, 1969. p.17-38.

VENCOVSKY, R.; Tamanho efetivo populacional na coleta e preservação de germoplasma de espécies alógamas. **Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais**, v. 35, p. 79-89, 1987

VILARINHO, A. A.; VIANA, J. M. S.; CÂMARA, T. M. M.; SANTOS, J. F. Seleção de progênies endogâmicas S1 e S2 em um programa de melhoramento intrapopulacional de milho pipoca. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1419- 1425, 2003.

VITHANAGE, H.I.M. Pollen-stigma interactions: development and cytochemistry of stigma papillae and their secretions in *Annona squamosa* L. (Annonaceae). **Annals of Botany**, 54, p. 153-167, 1984.

WHITE, T.L.; ADAMS, W.T.; NEALE, D.B. **Forest genetics**. Wallingford: CABI, 2007. 704p.

YANG, H.J., X. LI, Y.P. TANG, N. ZHANG, J.W. CHEN AND B.C. CAI. Supercritical fluid CO<sub>2</sub> extraction and simultaneous determination of eight annonaceous acetogenins in *Annona* genus plant seeds by HPLC-DAD method. **J. Pharm. Biomed. Anal.** 49: 140–144, 2009.

## 4 ARTIGOS

Elaborado segundo as normas da revista Saudi Journal of Biological Sciences (SJBS).

### 4.1 Artigo 1 - Seleção em Progênes de Meios-irmãos em *Annona squamosa* L.

#### Resumo

O reduzido número de trabalhos sobre o melhoramento genético de *Annona squamosa* L., associado aos poucos estudos sobre caracterização e conservação *in situ* e *ex situ* do germoplasma tem limitado o avanço do cultivo desta fruteira no Brasil. O objetivo do trabalho foi estabelecer estratégias para o melhoramento genético de progênes de meios-irmãos de *Annona squamosa* L por meio da estimação de parâmetros genéticos, correlações e predições de ganhos de seleção diretos, indiretos e simultâneos. O experimento foi constituído por quatro progênes de meios-irmãos de pinheira (UNI-1, UNI-2, UNI-3 e UNI-4), distribuídas em um delineamento experimental em blocos ao acaso, com três repetições e cinco plantas por parcela. As características número e comprimento médio de flores, comprimento e diâmetro médio dos frutos, massa fresca dos frutos, número de sementes por fruto e produção total, foram avaliadas durante oito safras ao longo do quarto, quinto, sexto e sétimo anos de produção. Os parâmetros genéticos foram estimados via modelo misto REML/BLUP. Posteriormente, foram calculados os ganhos genéticos diretos e indiretos pelo índice de Mulamba e Mock. Foram obtidas as correlações de *Pearson* entre as características avaliadas. Herdabilidade de magnitude alta foi atribuída ao comprimento de flor, 66%, enquanto o número de frutos e produção total expressaram herdabilidades de baixa magnitude. Houve correlação positiva entre a produção total e número de frutos/planta. O comprimento da flor apresentou forte correlação com características relacionadas ao tamanho do fruto. A característica número de flor expressou as maiores estimativas de ganhos de seleção direta. O índice Mulamba e Mock 2 (MM2) pode ser utilizado como critério de seleção simultânea dos genótipos. Os genótipos 25 (UNI-1), 10 e 47 (UNI-2) e 11 (UNI-3) se destacaram apresentando estimativas elevadas para mais de uma característica e devem ser considerados para seleção pelo fato de poder selecionar as melhores progênes e também por serem potenciais candidatos no próximo ciclo de recombinação do programa de melhoramento.

**Palavras-chave:** pinheira, melhoramento genético, parâmetros genéticos, herdabilidade, correlação, Mulamba Mock, Seleção indireta, Seleção simultânea.

## Introdução

A pinheira (*Annona squamosa* L.) é uma espécie rústica, vigorosa e produz frutos de excelente qualidade nutricional e organoléptica. Apresenta ótima adaptação a ambientes tropicais e em regiões com baixo índice pluviométrico. Apesar de todos os atributos positivos, essa espécie é considerada subutilizada, e pela pouca oferta, o consumo dos seus frutos está concentrado em poucas regiões do Brasil e do mundo (SÃO JOSÉ et al., 2014).

A espécie é nativa da região das Antilhas, chegou ao Brasil na terceira década do século XVII e atualmente os plantios concentram-se do Sudeste até a região Norte (IBGE, 2017; KAVATI, 1997). Apesar do crescimento da área cultivada e do incremento do consumo dos frutos *in natura* e processados, um pequeno número seleções são indicadas para o cultivo no Brasil. Ademais, os materiais selecionados não atendem plenamente às características desejadas pelos consumidores e produtores das diversas regiões produtoras (CAVALCANTE et al., 2011; LEMOS, 2014).

Dentre os caracteres mais relevantes para o melhoramento da espécie destacam-se a produtividade, vigor, maior número de flores, alta fertilidade dos grãos de pólen e excelente qualidade dos frutos, que devem apresentar sabor agradável, ausência de fibras, polpa firme e baixo número sementes (CAVALCANTE et al., 2007; MAHDEEM, 1990). O baixo número de trabalhos sobre o melhoramento genético da espécie, associado aos poucos estudos sobre o germoplasma e conservação *in situ* dos materiais culminam no reduzido número de cultivares disponíveis e registradas (BRASIL, 2018).

Por ser uma espécie alógama, a estratégia de melhoramento deve buscar o aumento da frequência de alelos favoráveis (BRUCKNER, 1997). A modalidade de seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos é um método de avaliação do teste de progênies que tem a finalidade de identificar as melhores famílias dentro da população e os melhores indivíduos dentro das famílias que obtiveram melhor desempenho (AMABILE; VILELA; PEIXOTO, 2018).

Com a obtenção das progênies, o próximo passo é obter as estimativas dos parâmetros genéticos com a finalidade de conhecer o potencial genético de indivíduos, famílias e clones. Dentre os parâmetros, a herdabilidade é de grande relevância para o melhorista, pois possibilita entender melhor a estrutura genética de uma população, assim como o potencial que tal estrutura apresenta para o melhoramento (SILVA, 2015). Outra estimativa de alto valor prático são as correlações, pois permitem ao melhorista inferir sobre as mudanças que ocorrem em um caráter quando se realiza a seleção em outro caráter a ele correlacionado (RAMALHO et al., 2012).

Para tais inferências, especialmente nas espécies perenes de frutíferas, quando o desbalanceamento é mais frequente, é cada vez mais indicada a análise das variáveis via Modelos Mistos, pelo *Residual Maximum Likelihood Method and the Best Linear Unbiased Predictor* (REML/BLUP). Estas metodologias permitem estimar os componentes de variância e prever os valores genéticos do indivíduo (RESENDE, 2016; SILVA et al., 2017; NAVEGANTES et al., 2018).

Da mesma forma, o índice de seleção simultâneo de Mulamba e Mock (1978) também tem papel importante no melhoramento, pois permite atribuir pesos ou “ranks” aos genótipos, de acordo com o interesse do melhorista (TEXEIRA et al., 2012). Tal índice, hierarquiza os genótipos, inicialmente, para cada característica, atribuindo valores absolutos mais elevados àqueles de melhor desempenho. Por fim, os valores atribuídos a cada característica são somados, obtendo-se a soma dos “ranks”, que assinala a classificação dos genótipos (CRUZ; CARNEIRO, 2006).

Considerando as informações apresentadas, objetivou-se estabelecer estratégias para o melhoramento genético de progênies de meios-irmãos de *Annona squamosa* L. por meio da estimação de parâmetros genéticos, correlações e predições de ganhos de seleção diretos, indiretos e simultâneos.

## **Material e Métodos**

### *Localização e caracterização climática da área experimental:*

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES, Campus Janaúba - MG. O município faz parte da região semiárida do Estado de Minas Gerais, Brasil. Está situado nas coordenadas geográficas latitude = -15° 83' 14”, longitude = -43° 27' 04”, altitude de 532 m, em solo Neossolo Flúvico Psamítico. Segundo a classificação climática de Köppen, tal região é do tipo AW (tropical chuvoso, savana com inverno seco), com temperatura e precipitação média anual de 25°C e 800 mm, respectivamente.

### *Material genético e obtenção das progênies de meios-irmãos:*

Os genótipos parentais foram selecionados com base em avaliações agronômicas e moleculares dos acessos pertencentes à coleção de germoplasma de *A. squamosa* da UNIMONTES. Esta coleção foi implantada no ano de 2008 a partir de genótipos coletados em diversos municípios da região semiárida do Norte do Estado de Minas Gerais, Brasil (GUIMARÃES et al., 2013). A formação das quatro progênies de meios-irmãos foi realizada pela seleção de quatro genótipos de pinha com caracteres distintos, conforme dados na tabela 1.

**Tabela 1** – Identificação e caracterização dos quatro acessos de pinheira (*Annona squamosa* L.) que deram origem as quatro progênie de meios-irmãos. Janaúba-MG, Brasil, 2021

Acesso	Progênie	Nº de indivíduos/família	Cor do fruto	Massa média do fruto (g)	Nº médio de sementes/fruto	Comprimento médio do fruto (cm)
1	UNI – 1	15	verde	350	70	8,7
2	UNI – 2	15	verde	300	61	8,9
3	UNI – 3	15	vermelho	260	55	8,2
4	UNI – 4	15	verde	280	65	7,6

Para obtenção das progênie de cada família, selecionaram-se frutos oriundos de polinização natural. Os frutos foram devidamente identificados, colhidos e conduzidos ao laboratório de Fruticultura. Posteriormente, foram despulpados e as sementes de cada progênie de meios-irmãos foram identificadas e conduzidas ao viveiro para a produção das mudas. O plantio no campo experimental foi realizado em espaçamento de 4 x 3 metros, no dia 18 de dezembro de 2013.

*Delineamento experimental, manejo do pomar e avaliações morfoagronômicas:*

As quatro progênie de meios-irmãos, identificadas como: UNI-1, UNI-2, UNI-3 e UNI-4 foram distribuídas na área experimental em um delineamento em blocos ao acaso, com três repetições e parcela experimental contendo cinco plantas.

A primeira poda de produção, com intuito de estimular a floração e frutificação foi realizada no dia 13 de novembro de 2015. Além das podas, foi realizada a desfolha manual dos ramos, para estimular o desenvolvimento vegetativo das gemas localizadas nas axilas das folhas. As plantas foram irrigadas por micro aspersão de acordo com a necessidade da cultura. Foram adotadas também, outras práticas de condução para a cultura como adubação, poda drástica após a colheita dos frutos para induzir o florescimento para nova safra, poda de limpeza, controle de plantas daninhas e monitoramento e controle de pragas e doenças.

Foram avaliadas as seguintes características:

*Número de flores por planta (NF):* contabilizou o número total de flores produzidos por planta no pico de florescimento,

*Comprimento das flores (CF):* foram amostradas cerca de 10 flores por planta e o comprimento das flores em milímetros, foi obtido por meio do uso de um paquímetro digital.

*Número de frutos por planta (NFr):* foi contabilizado o peso, em gramas, de todos os frutos produzidos pela planta,

*Produção total (PT):* foi contabilizado o peso, em quilograma, de todos os frutos produzidos pelas plantas de cada progênie.

*Comprimento dos frutos (CFr):* foram mensurados seis frutos por planta, onde o comprimento foi obtido, em milímetros, com auxílio de um paquímetro digital.

*Diâmetro dos frutos (DFr):* foram mensurados seis frutos por planta, onde o diâmetro foi obtido, em milímetros, com auxílio de um paquímetro digital

*Massa fresca dos frutos (MFFr):* foram pesados seis frutos por planta, onde a massa fresca foi obtida, em gramas, com auxílio de uma balança semi-analítica.

*Número de sementes por fruto (NS):* foram contabilizadas o número de sementes de 6 frutos por planta.

Todas as características descritas acima foram avaliadas ao longo de quatro anos de produção, sendo o terceiro (2016), quarto (2017), quinto (2018) e sexto (2019) anos após o plantio das mudas em campo. Em cada ano, foram colhidas duas safras de frutos, uma no período inverno (compreendendo os meses de junho e julho) e outra no período de verão (compreendendo os meses de dezembro e janeiro), totalizando oito safras.

#### *Análises genético-estatísticas:*

As análises estatístico-genéticas dos dados obtidos foram estimadas por meio do procedimento misto REML/BLUP. As avaliações conjuntas das safras foram analisadas de acordo com o modelo (RESENDE, 2002):

$$y = Xm + Za + Wp + Qi + Ts + e$$

Onde  $y$  é o vetor de dados,  $m$  é o vetor dos efeitos das combinações medição-repetição somados a média geral,  $a$  é o valor dos efeitos genéticos aditivos individuais,  $p$  é o vetor dos efeitos de parcela,  $i$  é o vetor dos efeitos de interação genótipos x medições,  $s$  é o vetor dos efeitos permanentes e  $e$  é o vetor dos resíduos. As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para esses efeitos.

A partir deste modelo, foram estimados os componentes de variância e preditos os valores genéticos pela metodologia REML-BLUP com o auxílio do *software* Seleção Genética Computadorizada – Selegen -REML/BLUP e do *software* R.

A partir dos valores genéticos, considerando a intensidade de seleção de 30%, foram estimados os ganhos de seleção direta, indireta e simultâneo pelo método de Mulamba e Mock (1978). Para o índice de Mulamba e Mock (MM) considerou-se todos os oito descritores morfoagronômicos com mesmo peso. Também, obteve-se o índice Mulamba e Mock 2 (MM2) quando se considerou apenas as características com maiores coeficientes de herdabilidade, e consequentemente, possibilidade de progresso com a seleção. A partir do índice MM2 foi confeccionado o gráfico radar com a dispersão dos genótipos selecionados.

Foram calculadas também, as correlações de Pearson entre os valores genético-aditivos individuais das oito características analisadas com base nas quatro progênies de meios-irmãos com auxílio do software R. Para a melhor visualização das estimativas de correlação foi feita a dispersão gráfica em rede com o auxílio do pacote qgraph (EPSKAMP et al., 2012).

## Resultados

### *Estimativas dos parâmetros genéticos:*

Os valores de variação genética citados abaixo, foram obtidos através da fórmula  $(Vg \times 100) \div Vf$ . Em relação as estimativas de variação genética entre progênies (Vg), observou-se que a característica de comprimento das flores apresentou o maior valor, mais de 60% da variação total foi devida aos componentes genéticos (Tabela 2). Em contrapartida, o número de frutos por planta praticamente não apresentou componente de variação genética, apenas 0,3% da variação fenotípica individual teve origem genética. Para as demais características, os índices de variação genética variaram de 8,3% para produção total (PT) até 41,58% para massa fresca do fruto (MFFr) (Tabela 2).

Os componentes de variância residual temporária foram predominantes para todas as variáveis, exceto para o comprimento de flor (Tabela 2). Os demais parâmetros genéticos, que também avaliam a variância ambiental entre parcelas (Vparc) e a variância da interação genótipos x medições (Vgm), corroboram a forte influência ambiental sobre os genótipos para as características citadas acima.

Resende (2002) classificou as magnitudes de herdabilidade individual entre progênies, onde foi determinada como baixa herdabilidades entre 1% e 15%. A herdabilidade classificada como moderada compreende os intervalos entre 15% e 50% e por último, a herdabilidade acima de 50% é classificada como alta.

**Tabela 2** - Estimativas dos componentes de variância (REML Individual), para as características relativas as plantas em famílias de meios-irmãos de pinheiras. Número de flores por planta (NF), comprimento de flor (CF), número de frutos por planta (NFr), comprimento de fruto (CFr), diâmetro do fruto (DFr), massa fresca do fruto (MFFr), número de sementes (NS) e produção total (PT). Montes Claros-MG, Brasil, 2021.

Parâmetros	NF	CF	NFr	CFr	DFr	MFFr	NS	PT
Vg	15563.05	16.34	0.46	61.98	34.03	3317.39	58.32	0.71
Vparc	7731.20	1.82	32.80	10.22	10.07	2858.96	2.37	2.38
Vgm	19553.21	0.54	21.02	7.63	5.32	383.63	1.45	1.11
Vperm	6026.94	1.73	12.15	10.76	2.17	405.77	39.08	0.62
Ve	25355.74	4.22	79.02	126.04	52.08	3610.93	134.84	3.77
Vf	74230.16	24.67	145.46	216.64	103.70	7676.69	236.09	8.59
h <sup>2</sup> g	0.21	0.66	0.003	0.29	0.33	0.42	0.25	0.08
c <sup>2</sup> parc	0.10	0.07	0.22	0.04	0.09	0.03	0.01	0.27
c <sup>2</sup> gm	0.26	0.02	0.14	0.03	0.05	0.04	0.01	0.12
c <sup>2</sup> perm	0.08	0.07	0.08	0.04	0.02	0.05	0.16	0.07
Rgmed	0.44	0.96	0.02	0.89	0.86	0.89	0.97	0.38
Média geral	307.69	29.56	14.90	74.49	76.93	219.36	46.29	3.18

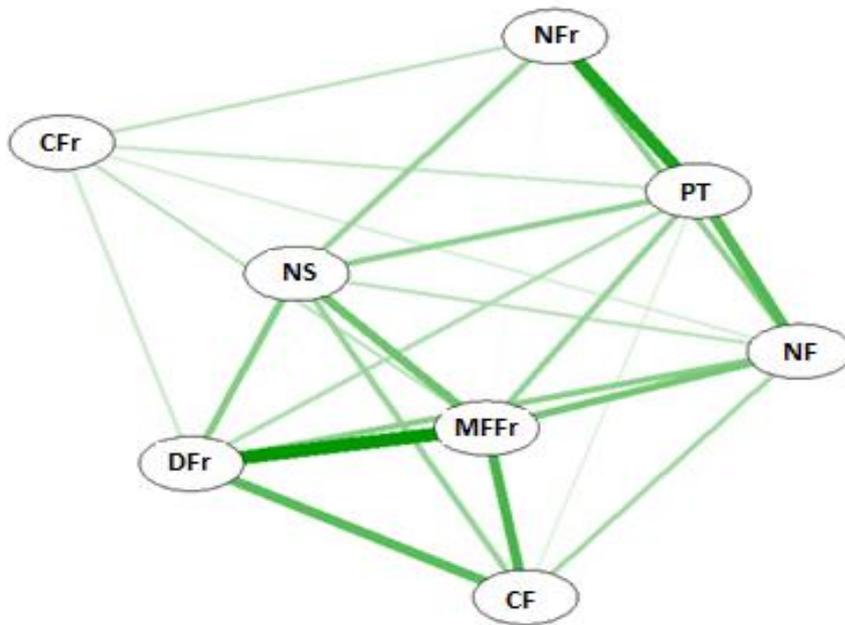
\*Vg – variância genética entre progênies; Vparc – variância ambiental entre parcelas; Vgm – variância da interação genótipos x medições; Vperm – variância dos efeitos permanentes; Ve – variância residual temporária; Vf – variância fenotípica individual; h<sup>2</sup>g – herdabilidade individual entre progênies; c<sup>2</sup>parc – coeficiente de determinação dos efeitos de parcelas; c<sup>2</sup>gm – coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipos x medições; c<sup>2</sup>perm – coeficiente de determinação dos efeitos permanentes; rgmed – correlação genética através das medições.

Das oito características avaliadas, cinco apresentaram estimativas de herdabilidade consideradas moderadas, com valores de 21%, 25%, 29%, 33% e 42% para NF, NS, CFr, DFr e MFFr, respectivamente e uma foi considerada de alta magnitude, o comprimento da flor (66%).

Para NF, CF, CFr, DFr, MFFr e NS, os coeficientes de determinação dos efeitos de parcela (c<sup>2</sup>parc) variaram entre 1 e 10% (Tabela 2). Valores superiores a 80% foram observados para CF, CFr, DFr, MFr e NS em relação as correlações genéticas por meio das medições (rgmed). Já o menor valor de rgmed foi observado para a característica de número de frutos (2%) (Tabela 2).

#### *Correlações e Ganhos de Seleção:*

Não foram observadas correlações negativas entre os caracteres avaliados e importantes associações foram observadas entre algumas características agronômicas. Dentre as correlações positivas e altas, estão as características: MFFr com DFr, NS, CF e NF; PT com NFr e NF; além de DFr com CF (Figura 1).



**Figura 1** - Dispersão gráfica das estimativas de correlação dos valores genéticos aditivos entre oito descritores morfoagronômicos em quatro progênies de meios-irmãos de pinheiras, Janaúba, Brasil.

\*Linhas verdes indicam as correlações positivas e significativas pelo teste t ao nível de 5% de significância. A espessura das linhas são proporcionais a magnitude das correlações. Número de flores por planta (NF), comprimento de flor (CF), número de frutos por planta (NFr), comprimento de fruto (CFr), diâmetro dos frutos (DFr), massa fresca do fruto (MFFr), número de sementes (NS) e produção total (PT).

Dentre os caracteres avaliados, as estimativas de ganhos percentuais de seleção direta esperados para o NF, foram as que obtiveram maior magnitude, seguido das características PT e NFr (Tabela 3). Tal padrão de estimativas de ganho também foi observado para seleção simultânea utilizando o índice MM quanto para o índice MM2. Vale destacar que para o índice MM2 foi considerado apenas as características NF, CF, CFr, DFr, e MFFr, devido a maior magnitude de herdabilidade e o potencial de seleção para tais caracteres.

Na seleção direta e indireta, foi observado que a característica de número de sementes (NS) apresentou ganho desfavorável em relação as demais características avaliadas, sendo observadas em geral baixas estimativas de ganho de seleção (Tabela 3). Para as outras características os ganhos de seleção indiretos foram todos favoráveis, com variações nas estimativas de ganhos percentuais (Tabela 3).

Nota-se que tanto para a seleção direta, quanto os índices MM e MM2, ocorreram valores próximos de percentual de ganho, exceto para as características de número de frutos e número de sementes (Tabela 3). Entre os índices de Mulamba e Mock (MM) e o índice MM2 observou-se similaridades nas estimativas para a grande maioria das características, diferenças maiores foram observadas apenas para o ganho no número de frutos e produção total, com maiores valores para o índice MM (Tabela 3).

As estimativas de ganhos percentuais com a seleção indireta variaram para todos os caracteres considerados. Mas, a seleção indireta, realizada para as características de número de flores, número de frutos e comprimento dos frutos promoveram ganhos acima de 12% para a produção total de frutos (Tabela 3).

**Tabela 3** - Estimativas de ganhos percentuais de seleção direta (representado na diagonal principal), indireta (valores obtidos fora da diagonal principal) e simultânea considerando o índice de Mulamba & Mock para as características avaliadas. Montes Claros, MG, Brasil, 2021.

Critério de seleção	Ganhos de seleção (%)							
	NF	CF	NFr	CFr	DFr	MFFr	NS	PT
<b>NF</b>	<b>21,46</b>	2,19	10,63	0,81	0,53	4,05	5,53	14,09
<b>CF</b>	7,36	<b>3,99</b>	2,42	0,75	0,65	4,92	6,60	6,22
<b>NFr</b>	9,37	0,34	<b>18,48</b>	1,53	0,25	1,66	7,13	16,12
<b>CFr</b>	16,01	1,82	11,10	<b>2,62</b>	0,62	4,68	6,38	13,24
<b>DFr</b>	14,80	2,65	7,53	1,15	<b>0,96</b>	6,63	7,98	9,72
<b>MFFr</b>	14,11	2,73	6,67	1,24	0,95	<b>6,82</b>	7,72	9,47
<b>NS</b>	-10,17	-1,98	-7,89	-0,76	-0,50	-3,94	<b>-11,85</b>	-8,10
<b>PT</b>	16,30	1,66	15,85	1,30	0,44	3,66	8,74	<b>19,40</b>
<b>MM</b>	19,55	2,39	12,25	2,06	0,72	5,63	7,39	17,23
<b>MM2</b>	<b>18,54</b>	<b>2,96</b>	8,20	<b>1,56</b>	<b>0,86</b>	<b>6,13</b>	7,72	11,88

\* Número de flores por planta (NF), comprimento de flor (CF), número de frutos por planta (NFr), comprimento de fruto (CFr), diâmetro do fruto (DFr), massa fresca do fruto (MFFr), número de sementes (NS) e produção total (PT). MM- método de Mulamba & Mock considerando todos os descritores; MM2- método de Mulamba & Mock considerando os descritores NF, CF, CFr, DFr e MFFr.

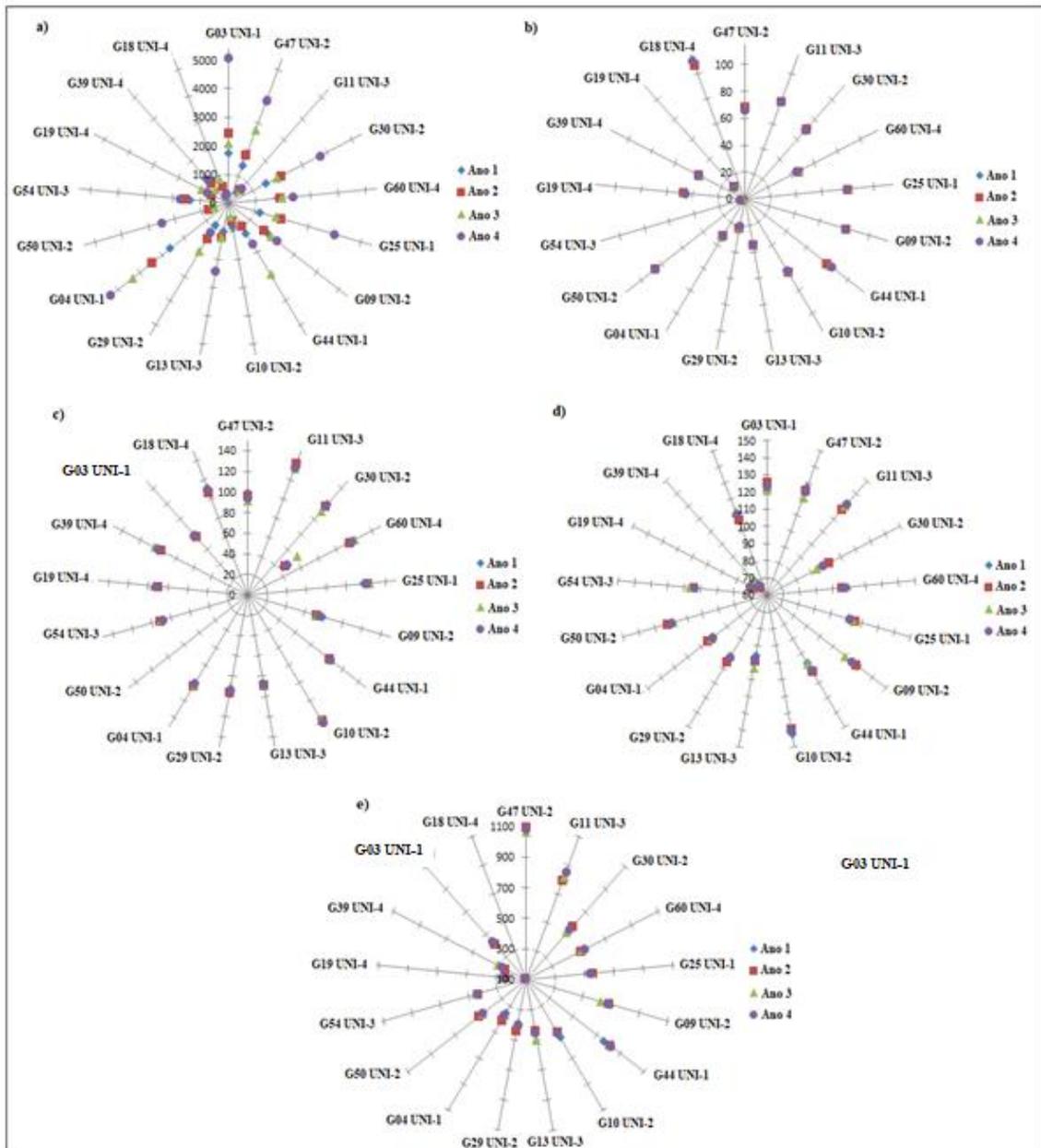
#### Valores genéticos:

A dispersão gráfica dos valores genéticos foi elaborada a partir da seleção de aproximadamente 30% dos genótipos totais com os melhores percentuais de ganho, somando então 17 genótipos selecionados com base no índice de seleção MM2 (Figura 2).

Nota-se que para as características avaliadas, o NF apresentou maior divergência entre as medições anuais. Para tal característica, os genótipos 03 e 04 da progênie UNI-1 se destacaram apresentando maior número de flores nas avaliações anuais (Figura 2).

O genótipo 10 da progênie UNI-2 apresentou elevadas estimativas para as características CFr e DFr, além de apresentar bons resultados para as características CF e MFFr nas avaliações anuais. Quanto a MFFr, o genótipo e 47 da progênie UNI-1 revelou estimativa mais elevada para a característica, apresentando também bons escores para as características DFr, CFr e CF. O genótipo 11 da progênie UNI-3 se destacou com elevadas estimativas para todas as características, exceto para o NF (Figura 2).

De uma maneira geral, os genótipos 19 e 39 da progênie UNI-4 apresentaram baixas estimativas quando comparados aos demais genótipos elencados nos gráficos (Figura 2).



**Figura 2** - Dispersão gráfica dos valores genéticos aditivos estimados de oito descritores morfoagronômicos em 17 genótipos selecionados pelo método MM2.

\* a) Número de flores por planta (NF), b) Comprimento de flor (CF), c) Comprimento de fruto (CFr), d) Diâmetro do fruto (DFr) e e) Massa fresca do fruto (MFFr). Detalhamento da identificação dos genótipos: G03 UNI-1 (G= genótipo; 03= número da planta e UNI= identificação da progênie).

## Discussão

O presente estudo indicou que para a grande maioria dos caracteres avaliados foi observada uma maior predominância dos efeitos genéticos sobre os residuais. Especialmente, para as características de comprimento das flores, diâmetro dos frutos e massa fresca dos frutos. Consequentemente, uma menor contribuição da variância ambiental. Apenas duas características, número de frutos/planta e produção total, apresentaram um predomínio dos efeitos ambientais, com destaque para os efeitos da variância residual temporária. Um elevado valor dos coeficientes de determinação dos efeitos de parcela e baixas magnitudes das estimativas da correlação genética através das medições, indicaram um baixo controle genético para essas características.

A influência marcante dos efeitos ambientais pode ser explicada em função da própria natureza das características analisadas. Estimativas de número total de frutos por planta e produção total são de difíceis mensurações, devido a alta influência ambiental que tais características passam, principalmente pelo longo período exposto ao ambiente. Isso faz com que a planta esteja sujeita a vários intemperes, que podem culminar na desuniformidade da expressão fenotípica destas características.

Alguns estudos revelam que o ciclo produtivo da pinheira (da poda de frutificação à colheita) pode variar em torno dos 130 dias e será tanto menor quanto maiores forem as temperaturas médias durante o período (PEREIRA et al., 2019). De acordo com Costa et al. (2008), dados provenientes de caracteres quantitativos, cuja expressão final necessita de longos períodos, apresentam grande parcela da sua expressão em função do ambiente. Além do número de dias para a conclusão do período reprodutivo, outro fator que deve ser considerado está associado às intensas variações climáticas entre uma safra e outra durante os quatro anos de avaliação.

A elevada variabilidade genética observada especialmente para a característica comprimento de flor (CF), conduziu a um elevado valor de herdabilidade, revelando o potencial do uso desta característica no processo de seleção. De maneira geral, foram observadas herdabilidades moderadas para os caracteres associados ao tamanho dos frutos como comprimento de fruto, diâmetro do fruto, massa fresca do fruto e número de sementes. De acordo com Resende (2002), em características provenientes de dados quantitativos, é comum ocorrer herdabilidades individuais de baixa magnitude, que geralmente conduzem a moderada magnitude das herdabilidades em nível de média de progênies.

Esses resultados são promissores e permitirão avanços significativos no processo de seleção de novos indivíduos. Adicionalmente deve-se reiterar que as estimativas dos parâmetros genéticos são únicas para cada localidade, delineamento experimental e genótipos. As estimativas de herdabilidade se configuram como um dos mais importantes parâmetros genéticos, quantificando a fração de variação fenotípica de natureza herdável passível de ser explorada no processo de seleção (MORAES et al., 2015).

Altas associações entre o comprimento da flor e as dimensões dos frutos foram observadas, especialmente os caracteres de massa fresca dos frutos e diâmetro dos frutos. Nietzsche et al. (2003) em estudo envolvendo a polinização artificial de flores de distintos comprimentos em *Annona squamosa* indicou correlações significativas e positivas entre o comprimento da flor e as dimensões do fruto, especialmente para a massa fresca dos frutos. No melhoramento de fruteiras a massa fresca do fruto é uma importante característica para a seleção de novas cultivares e entender as relações entre tal característica e demais descritores morfoagronômicos pode auxiliar na tomada de decisão para seleção ou descarte de materiais genéticos.

A produção total correlacionou-se positivamente com o número de frutos/planta, indicando que quanto maior for o número de frutos por planta, maior será a produção total final. Mariguele e Lima (2015) ao estudar correlações em características morfoagronômicas em *Annona squamosa* também identificaram elevadíssima correlação entre produção total e número de frutos (0,99). O número de frutos produzidos por planta é uma característica muito importante, entretanto, sua determinação é dependente de diversas outras características como: número de ramos do ano, número de flores/planta, eficiência na polinização e fertilização, e idade da planta.

Outra correlação importante foi indicada pela alta associação entre o número de sementes por fruto, a massa fresca do fruto e o diâmetro dos frutos. Esse resultado sugere que frutos maiores apresentam maior número de sementes. Um dos objetivos no desenvolvimento de novas cultivares está na produção de frutos com maior massa fresca do fruto, entretanto, com reduzido número de sementes. Assumindo que as características citadas acima estão correlacionadas positivamente, presume-se a existência de pelo menos uma das causas da correlação genética, ligação genética. Sendo assim, para selecionarmos indivíduos com frutos de maior massa fresca e menor número de sementes, recombinantes terão que ser gerados por meio de cruzamentos entre genitores contrastantes para os caracteres citados.

A seleção direta para as características número de flores, número de frutos e produção total indicou a possibilidade de proporcionar bons ganhos. Entretanto, os resultados indicaram que as herdabilidades, especialmente para a produção total e número de frutos foram de baixas magnitudes, sendo assim, nesse caso uma das alternativas seria aplicar a resposta indireta de ganhos de seleção (CRUZ et al., 2012). Vale ressaltar ainda que, a seleção através de características que expressaram alta herdabilidade como o comprimento de fruto e massa fresca do fruto proporcionaram maiores ganhos de seleção indireta para a característica produção total.

Considerando-se os ganhos obtidos por critério de seleção para o índice de Mulamba e Mock, tradicionalmente utilizado para seleção simultânea (MM) e considerando-se o índice MM2, em que foram desconsideradas as características de menor herdabilidade, as estimativas de ganho obtidas foram semelhantes. É importante ressaltar também que a adoção da seleção simultânea maximiza as chances de sucesso no programa de melhoramento (CRUZ et al., 2012). A seleção simultânea ainda proporcionou melhores ganhos de seleção para características de baixa herdabilidade como a produção total e o número de frutos.

Foi possível observar que a dispersão dos valores genéticos aditivos se apresentou como um importante indicador do desempenho dos genótipos elencados em relação as características morfoagronômicas avaliadas. Considerando a seleção dos 30% genótipos superiores mereceram destaque os genótipos 25 da progênie UNI-1, 10 e 47 da progênie UNI-2 e 11 da progênie UNI-3 (frutos de casca vermelha) para as características de comprimento da flor e as características que envolvem tamanho do fruto. Importante destacar que os valores genéticos aditivos observados estão em sintonia com os resultados da análise de correlação de *Pearson*, que também apontou associação positiva forte entre o comprimento de flor e características que remetem a tamanho do fruto. As informações geradas no presente estudo servirão para auxiliar o melhorista na tomada de decisão na seleção dos genótipos para serem incluídos nos próximos ciclos de recombinação.

Embora os genótipos 19 e 39 da progênie UNI-4 não apresentaram as maiores estimativas para as características avaliadas, esse resultado não impede o uso desses materiais em novos estudos e principalmente como importante fonte de variabilidade genética.

## **Conclusões**

O comprimento da flor é uma excelente característica para programas de melhoramento da pinheira, devido a alta estimativa de herdabilidade, a forte correlação com características associadas às dimensões dos frutos e favoráveis ganhos de seleção indireto.

O índice de seleção simultâneo é uma ferramenta promissora no melhoramento genético da cultura.

Os genótipos 25 (UNI-1), 10 e 47 (UNI-2), com frutos de coloração verde, e o genótipo 11 (UNI-3), com frutos de coloração vermelha, são indicados prioritariamente para o próximo ciclo de recombinação, avaliação e seleção.

## Referências

- AMABILE, R. F.; VILELA, M. S.; PEIXOTO, J. R. Melhoramento de plantas: variabilidade genética, ferramentas e mercado. **Embrapa Cerrados-Livro técnico (INFOTECA-E)**, 2018.
- BAHIA, B. L.; MAFESSONI, A. B.; LEÃO COUTRIM, R.; DA SILVA, R. F.; NEVES, B. R.; DA SILVA, J. C. G.; SÃO JOSÉ, A. R. Utilização de nitrogênio, substâncias húmicas e podas no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo de pinheira (*Annona squamosa* L.). **Revista Científica Rural**, v. 21, n. 3, p. 308-322, 2019.
- BRASIL, Registro nacional de cultivares. 2018. Disponível em: [http://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares\\_registradas.php](http://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php). Acessado em 06/12/2018. Página mantida pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.
- BRUCKNER, C. H. **Perspectivas do melhoramento genético do maracujazeiro. Maracujá: temas selecionados**. Porto Alegre: Cinco Continentes Editora, 1997. 46p.
- BRUNA, E. D.; MORETO, A. L.; DALBO, M. A. Uso do coeficiente de repetibilidade na seleção de clones de pessegueiro para o litoral sul de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, p. 206-215, 2012.
- CAVALCANTE, Í. H. L.; MARTINS, A. B. G.; DE MORIAIS OLIVEIRA; I. V.; BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z. Características de frutos de cinco variedades de caqui madurados em la planta o en post cosecha. **Revista de Biología e Ciências da Terra**, v. 7, n. 2, 2007.
- CAVALCANTE, Í. H. L.; MOURA, M. C. S. D.; ROCHA, L. F. D.; SILVA JÚNIOR, G. B. D.; MARTINS, L. D. V.; SILVA, R. R. S. D. Seleção preliminar de genótipos de pinheira em Bom Jesus-PI. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 34, n. 1, p. 173-181, 2011.
- COSTA, M. M.; DI MAURO, A. O.; UNÊDA-TREVISOLI, S. H.; ARRIEL, N. H. C.; BÁRBARO, I. M.; SILVEIRA, G. D.; MUNIZ, F. R. S. Heritability estimation in early generations of two-way crosses in soybean. **Bragantia**, v. 67, p. 101-108, 2008.
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**, Viçosa: UFV, 2006.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 5 ed. Viçosa: UFV. 2012.
- EPSKAMP, S.; CRAMER, A. O.; WALDORP, L. J.; SCHMITTMANN, V. D.; BORSBOOM, D. Qgraph: Network visualizations of relationships in psychometric data. **Journal of statistical software**, v.48, p. 1-18. 2012.
- GUIMARÃES, J. F. R.; NIETSCHE, S.; COSTA, M. R.; MOREIRA, G. B. R.; PEREIRA, M. C. T.; VENDRAME, W. Genetic diversity in sugar apple (*Annona squamosa* L.) by using RAPD markers. **Revista Ceres**, v. 60, p. 428-431, 2013.
- KAVATI, R.; PIZA JR., C.T. **Formação e manejo do pomar de fruta-do-conde, atemóia e cherimóia**. In: SÃO JOSÉ, A.R., SOUZA, I.V.B., MORAIS, O.M., Rebouças, T.N.H. Anonáceas, produção e mercado (Pinha, graviola, atemóia e cherimóia). Vitória da Conquista (BA): DFZ/UESB, p.75-83. 1997.
- LEMOS, E. E. P. D. A produção de anonáceas no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, p. 77-85, 2014.
- MARIGUELE, K. H.; LIMA, P. S. Relação entre caracteres do fruto em pinheira (*Annona squamosa* L.). **Ceres**, v. 57, n. 4, 2015.

MAHDEEM, H. Other *Annonaceae* Fruits. **Tropical Fruit World**, v. 1, p. 118-121, 1990.

MORAES, C. B.; DE CARVALHO, E. V.; ZIMBACK, L.; LUZ, O. D. S. L.; PIERONI, G. B.; MORI, E. S.; BARROS LEAL; T. C. A. Variabilidade genética em progênes de meios-irmãos de eucaliptos para tolerância ao frio. **Revista Árvore**, v. 39, n. 6, p. 1047-1054, 2015.

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

NAVEGANTES, P. C. A., OLIVEIRA, M. D. S. P. D., NUNES, J. A. R. Parâmetros genéticos de características na fase juvenil de diferentes progênes de açaizeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 7, p. 815-823, 2018.

NIETSCHE, S.; PEREIRA, M. C. T.; SANTOS, F. S.; XAVIER, A. A.; DA CUNHA, L. D. M. V.; NUNES, C. F.; SANTOS, F. A. Polinização artificial de flores de pinha (*Annona squamosa* L.) de diferentes tamanhos. **Ceres**, v. 50, n. 290, 2003.

PEREIRA, M. C. T.; NIETSCHE, S.; COSTA, M. R.; CRANE, J. H.; CORSATO, C. D. A.; MIZOBUTSI, E. H. Anonáceas: pinha, atemoia e graviola. **Informe Agropecuário, Belo Horizonte**, v. 32, n. 264, p. 26-34, 2011.

PEREIRA, M.C.T.; NIETSCHE, S.; SÃO JOSÉ, A.R.; LEMOS, E.E.P.; MIZOBUTSI, G.P., CORSATO, C.F.; ALVARENGA, C.D. Anonáceas. Pinha (*Annona squamosa* L.), Atemóia (*Annona squamosa* x *Annona cherimola* Mill.) e graviola (*Annona muricata*). In: Trazilbo J. P.J.; Venzon, M. (Org.). 101 **Culturas: Manual de tecnologias agrícolas**. 2ed Belo Horizonte: EPAMIG, v. 1, p 111-123, 2019.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. D. F.; SANTOS, J. D.; NUNES, J. A. R. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Lavras: UFLA. 2012. 522p.

RESENDE, M. **Análise estatística de modelos mistos via REML/BLUP na experimentação em melhoramento de plantas perenes**. Colombo: Embrapa Florestas. 2016. 101p. (Embrapa Florestas. Documentos, 47).

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

SÃO JOSÉ, A. R.; PRADO, N. B. D.; BOMFIM, M. P.; REBOUÇAS, T. N. H.; MENDES, H. T. A. Marcha de absorção de nutrientes em anonáceas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, p. 176-183, 2014.

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

SILVA, L. **Variabilidade e estimação de parâmetros genéticos via modelos mistos em Canafístula**. 2015. 54 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, Mato Grosso do Sul. 2015.

#### 4.2 Artigo 2 - Estudo de repetibilidade em *Annona squamosa* L.

O conhecimento do coeficiente de repetibilidade permite ao melhorista otimizar tempo, recursos financeiros e trabalho durante o programa de melhoramento genético vegetal. O objetivo deste estudo foi estimar o número ideal de medidas a serem consideradas para a seleção assertiva de genótipos superiores de *A. squamosa* L e quando essas medições devem ser feitas. O experimento foi constituído por quatro progênies de meios-irmãos de pinheira (UNI-1, UNI-2, UNI-3 e UNI-4), distribuídas em um delineamento experimental em blocos ao acaso, com três repetições e cinco plantas por parcela. As características número de flor, comprimento de flor, comprimento e diâmetro médio dos frutos, massa fresca dos frutos, número de sementes por fruto e produção total foram avaliadas durante oito safras ao longo do quarto, quinto, sexto e sétimo anos de produção. Utilizou-se o modelo estatístico com dois fatores de variação, safra e genótipo. A análise estatística foi realizada utilizando o *software* genético-estatístico SELEGEN. Todos os caracteres avaliados apresentaram coeficiente de determinação acima de 80% ao longo das oito safras. Nas quatro primeiras safras todas as características avaliadas apresentaram coeficiente de determinação acima de 70%, com destaque para o comprimento de flor, com 80% nas duas primeiras medições. As características número de flor, comprimento de flor, massa fresca do fruto, diâmetro do fruto e comprimento do fruto apresentaram alta repetibilidade enquanto as demais características foram enquadradas como sendo de média magnitude. Observou-se que cinco medições/safras é um número adequado para a seleção de genótipos superiores, e que estas avaliações devem ser feitas, preferencialmente, entre o quarto e sexto ano após o plantio.

**Palavras-chave:** pinheira, melhoramento genético, meios-irmãos, otimização, número de colheitas, estabilidade fenotípica.

## Introdução

No Brasil a produção da pinheira (*A. squamosa* L.) vem sendo alavancada pelos preços atrativos alcançados pela fruta no mercado e devido a capacidade das plantas em tolerar diferentes condições edafoclimáticas (LEMOS, 2014). Entretanto, alguns importantes desafios estão associados ao cultivo da espécie, que vão desde a escassez de estudos iniciais envolvendo o manejo da frutífera até pesquisas mais avançadas para seleção de genótipos com qualidades agronômicas desejáveis e adaptados às diversas regiões produtoras do Brasil (ARAÚJO et al., 1999; SILVA et al., 2009).

Diante da inexistência de cultivares de pinheira registradas para o plantio no território brasileiro, alguns institutos e universidades tem buscado a seleção de genótipos superiores que apresentem características desejáveis principalmente relacionadas a qualidade dos frutos e a produtividade (CAVALCANTE et al., 2007; PINTO et al., 2005).

No processo de seleção de plantas, quando o objetivo é o lançamento de novas cultivares ou a escolha de genitores para recombinação, é essencial que se tenha certeza da superioridade genética dos indivíduos. Dessa forma, é comum que sejam realizadas repetidas medições no mesmo indivíduo (LOPES et al., 2001). De acordo com Resende (2015), a repetibilidade é um parâmetro genético que fornece contribuições quantitativas muito importantes para o melhoramento de plantas.

No melhoramento de plantas perenes, a necessidade de áreas experimentais grandes acaba prejudicando a implantação de delineamentos estatísticos adequados dificultando a estimativa de parâmetros genéticos como a herdabilidade. Porém, não impede a estimativa do coeficiente de repetibilidade para características de interesse no programa de melhoramento (ALBUQUERQUE et al., 2004).

A análise de repetibilidade vem sendo amplamente utilizada no estudo de diversas culturas perenes, como a jabuticabeira (RADAELLI et al., 2018), goiabeira (QUINTAL et al., 2017), videira (SALES et al., 2019), manga (MAIA et al., 2017), entre outras. Permitindo estimar o número mínimo de avaliações necessárias para selecionar genótipos superiores. Portanto, conhecer o coeficiente de repetibilidade permite ao melhorista otimizar tempo, recursos financeiros e trabalho (NUNES et al., 2017).

Logo, objetivou-se estimar o número ideal de medidas a serem consideradas para a seleção assertiva de genótipos superiores de *A. squamosa* L. e quando essas medições devem ser feitas.

## Material e Métodos

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES, Campus Janaúba - MG. O município faz parte da região semiárida do Estado de Minas Gerais, Brasil. Está situado nas coordenadas geográficas latitude = -15° 83' 14", longitude = -43° 27' 04", altitude de 532 m, em solo Neossolo Flúvico Psamítico. Segundo a classificação

climática de Köppen, tal região é do tipo AW (tropical chuvoso, savana com inverno seco), com temperatura e precipitação média anual de 25°C e 800 mm, respectivamente.

**Tabela 1** - Identificação e caracterização dos quatro acessos de pinheira (*Annona squamosa* L.) que deram origem as quatro progênes de meios-irmãos. Janaúba, MG, Brasil, 2020.

Acesso	Progênie	Nº de indivíduos/família	Cor do fruto	Massa média do fruto (g)	Nº médio de sementes/fruto	Comprimento médio do fruto (cm)
1	UNI – 1	15	verde	350	70	8,7
2	UNI – 2	15	verde	300	61	8,9
3	UNI – 3	15	vermelho	260	55	8,2
4	UNI – 4	15	verde	280	65	7,6

Os genótipos parentais foram selecionados com base em avaliações agrônomicas e moleculares dos acessos pertencentes à coleção de germoplasma de *A. squamosa* da UNIMONTES. Esta coleção foi implantada no ano de 2008 a partir de genótipos coletados em diversos municípios da região semiárida do Norte do Estado de Minas Gerais, Brasil (GUIMARÃES et al., 2013). A formação das quatro progênes de meios-irmãos foi realizada pela seleção de quatro genótipos de pinha com caracteres distintos, conforme dados na tabela 1.

Para obtenção das progênes de cada família, selecionaram-se frutos oriundos de polinização natural. Os frutos foram devidamente identificados, colhidos e conduzidos ao laboratório de Fruticultura. Posteriormente, foram despulpados e as sementes de cada progênie de meios-irmãos foram identificadas e conduzidas ao viveiro para a produção das mudas. O plantio no campo experimental foi realizado em espaçamento de 4 x 3 metros, no dia 18 de dezembro de 2013.

As mudas das quatro progênes de meios-irmãos, identificadas como: UNI-1, UNI-2, UNI-3 e UNI-4 foram distribuídas na área experimental em um delineamento em blocos ao acaso, com três repetições e parcela experimental contendo cinco plantas.

A primeira poda de produção, com intuito de estimular a floração e frutificação foi realizada no dia 13 de novembro de 2015. Além das podas, foi realizada a desfolha manual dos ramos, para estimular o desenvolvimento vegetativo das gemas localizadas nas axilas das folhas. As plantas foram irrigadas por microaspersão de acordo com a necessidade da cultura. Foram adotadas também, outras práticas de condução para a cultura como adubação, poda drástica após a colheita dos frutos para induzir o florescimento para nova safra, poda de limpeza, controle de plantas daninhas e monitoramento e controle de pragas e doenças.

Foram avaliadas as seguintes características:

*Número de flores por planta (NF)*: contabilizou o número total de flores produzidos por planta no pico de florescimento,

*Comprimento das flores (CF)*: foram amostradas cerca de 10 flores por planta e o comprimento das flores em milímetros, foi obtido por meio do uso de um paquímetro digital.

*Número de frutos por planta (NFr)*: foi contabilizado o peso, em gramas, de todos os frutos produzidos pela planta,

*Produção total (PT)*: foi contabilizado o peso, em quilograma, de todos os frutos produzidos pelas plantas de cada progênie.

*Comprimento dos frutos (CFr)*: foram mensurados seis frutos por planta, onde o comprimento foi obtido, em milímetros, com auxílio de um paquímetro digital.

*Diâmetro dos frutos (DFr)*: foram mensurados seis frutos por planta, onde o diâmetro foi obtido, em milímetros, com auxílio de um paquímetro digital

*Massa fresca dos frutos (MFFr)*: foram pesados seis frutos por planta, onde a massa fresca foi obtida, em gramas, com auxílio de um balança semi-analítica.

*Número de sementes por fruto (NS)*: foram contabilizadas o número de sementes de 6 frutos por planta.

Todas as características descritas acima foram avaliadas ao longo de quatro anos de produção, sendo o terceiro (2016), quarto (2017), quinto (2018) e sexto (2019) anos após o plantio das mudas em campo. Em cada ano, foram colhidas duas safras de frutos, uma no período inverno (compreendendo os meses de junho e julho) e outra no período de verão (compreendendo os meses de dezembro e janeiro), totalizando oito safras.

As análises estatísticas genéticas dos dados obtidos foram realizadas pelo procedimento misto REML / BLUP. As avaliações conjuntas de safras foram analisadas de acordo com o seguinte modelo (Resende, 2002):

$$y = Xm + Za + Wp + Qi + Ts + e$$

Onde,  $y$  é o vetor de dados,  $m$  é o vetor dos efeitos das combinações de medição-repetição adicionados à média geral,  $a$  é o valor dos efeitos genéticos aditivos individuais,  $p$  é o vetor dos efeitos do gráfico,  $i$  é o vetor dos efeitos da interação genótipo x medição,  $s$  é o vetor dos efeitos permanentes e  $e$  é o vetor dos resíduos. As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para esses efeitos.

Os componentes de variância foram estimados com base nesse modelo pelo método REML-BLUP e pelo Selegen - REML / BLUP. A partir desses componentes de variância, estimou-se os coeficientes de repetibilidade ( $r = \frac{\sigma_a^2 + \sigma_p^2 + \sigma_e^2}{\sigma_a^2 + \sigma_p^2 + \sigma_s^2 + \sigma_e^2}$ ), de determinação ( $R^2 = \frac{nr}{[1+nr(n-1)]}$ ) e o número ideal de

colheitas ( $n_0 = \frac{R^2(1-r)}{(1-R^2)r}$ ), onde:  $\sigma_a^2$  é uma variância genética aditiva;  $\sigma_p^2$  é a variância ambiental entre parcelas;  $\sigma_s^2$  é uma variação devido aos efeitos permanentes do ambiente;  $\sigma_e^2$  é uma variância residual;  $n$  é o número de colheitas. A estabilidade das características fenotípicas foi avaliada considerando 2, 3, posteriormente, até que todas as  $n$  avaliações fossem realizadas. Portanto, análises  $n-1$  foram feitas em duas medidas consecutivas; Análises  $n-2$  foram feitas em três avaliações consecutivas até atingir oito medidas. Essas análises foram realizadas com o *software* R.

## Resultados

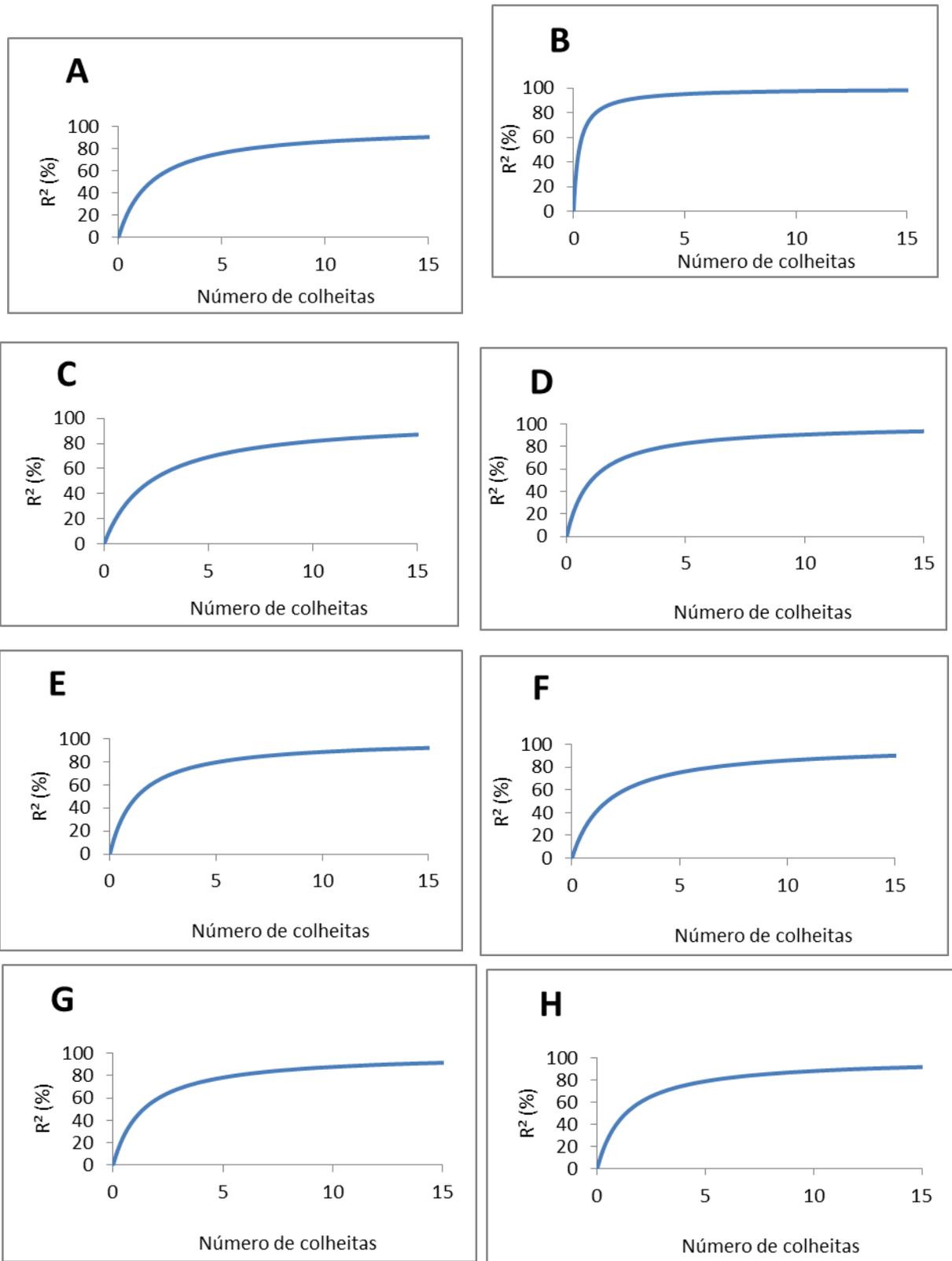
No estudo de repetibilidade (Tabela 2), ao considerar os dados de todas as safras (1-8) encontrou-se estimativas de repetibilidade variando de 0.31 para o número de frutos até 0.45 para o diâmetro de frutos. Já para o comprimento da flor, quando foram avaliadas apenas sete safras (1-7), foi encontrada repetibilidade de 0,81 (Tabela 2).

De acordo com a classificação quanto a repetibilidade ( $r$ ) proposta por Resende (2002), são considerados valores de alta magnitude aqueles acima de 60%, de média na faixa de 30 a 60% e de baixa magnitude aqueles inferiores a 30%. Observa-se valores de repetibilidade de média a alta magnitudes (Tabela 2). As características número de flores, comprimento de flor, massa fresca do fruto, diâmetro do fruto e comprimento do fruto apresentaram alta repetibilidade enquanto as demais características foram enquadradas como sendo de média magnitude.

Entre os coeficientes de repetibilidade de magnitude alta, o maior coeficiente, 87%, foi observado na característica comprimento de flor quando foram considerados os dados das safras 4, 5 e 6 (4-6).. A característica comprimento de flor apresentou coeficiente de repetibilidade com variação entre 79%, entre as colheitas 1 e 2 à 87% entre as colheitas 4 e 6 (Tabela 2).

Para as características massa fresca do fruto e diâmetro do fruto, os maiores coeficientes de repetibilidade foram observados nas safras 3 e 4, com valores de 72 e 66%, respectivamente. Entretanto, para as características número de flor e comprimento do fruto, os maiores coeficientes de repetibilidade foram alcançados nas safras 5 e 6, com valores de 71 e 73%, respectivamente (Tabela 2).

Para as características número de frutos e produção total, que apresentaram coeficiente de repetibilidade de média magnitude, os melhores coeficientes foram obtidos entre as colheitas 2 e 3, com valores entre 55 e 57%, respectivamente. Por último, ainda classificado como de média magnitude, o melhor coeficiente atribuído a característica número de sementes foi obtido nas colheitas 3 e 4 (Tabela 2).



**Figura 1.** Estimativa do coeficiente de determinação referente ao número de colheitas/safras.

\* Número de flor (A), comprimento de flor (B), número de frutos (C) e massa fresca do fruto (D), diâmetro do fruto (E), comprimento do fruto (F), número de sementes (G) e produção total (H) em famílias de meios-irmãos de *Annona squamosa* L.

**Tabela 2** - Coeficientes de repetibilidade (r) para número de flor (NF), comprimento de flor (CF), número de frutos (NFr) e massa fresca do fruto (MFFr), diâmetro do fruto (DFr), comprimento do fruto (CFr), número de sementes (NS) e produção total (PT) em famílias de meios-irmãos de *Annona squamosa*, avaliados em oito colheitas/safras.

Colheitas	NF	CF	NFr	MFFr	DF	CFr	NS	PT
	r							
1-2	0,23	0,79	0,43	0,49	0,35	0,48	0,25	0,52
1-3	0,29	0,8	0,44	0,61	0,48	0,57	0,39	0,43
1-4	0,43	0,82	0,39	0,59	0,5	0,52	0,42	0,44
1-5	0,34	0,81	0,27	0,56	0,45	0,42	0,42	0,42
1-6	0,43	0,82	0,28	0,47	0,41	0,36	0,39	0,42
1-7	0,32	0,81	0,31	0,5	0,51	0,38	0,4	0,44
1-8	0,39	-	0,31	0,5	0,45	0,38	0,42	0,43
2-3	0,6	0,83	0,55	0,71	0,63	0,66	0,39	0,57
2-4	0,64	0,85	0,44	0,67	0,58	0,57	0,48	0,51
2-5	0,46	0,84	0,28	0,59	0,49	0,46	0,47	0,47
2-6	0,54	0,85	0,3	0,49	0,44	0,4	0,43	0,48
2-7	0,39	0,82	0,34	0,53	0,48	0,41	0,43	0,5
2-8	0,46	-	0,34	0,52	0,47	0,41	0,46	0,47
3-4	0,7	0,85	0,33	0,72	0,66	0,61	0,52	0,45
3-5	0,51	0,85	0,27	0,59	0,5	0,47	0,48	0,51
3-6	0,6	0,85	0,29	0,5	0,46	0,43	0,41	0,48
3-7	0,44	0,81	0,37	0,54	0,48	0,42	0,42	0,53
3-8	0,51	-	0,36	0,53	0,48	0,42	0,46	0,49
4-5	0,41	0,86	0,18	0,48	0,39	0,42	0,4	0,35
4-6	0,58	0,87	0,22	0,44	0,41	0,41	0,39	0,38
4-7	0,45	0,82	0,36	0,48	0,45	0,38	0,38	0,5
4-8	0,54	-	0,35	0,48	0,46	0,43	0,46	0,46
5-6	0,71	0,85	0,24	0,46	0,42	0,73	0,4	0,37
5-7	0,53	0,81	0,46	0,53	0,49	0,51	0,34	0,56
5-8	0,61	-	0,41	0,5	0,48	0,47	0,41	0,49
6-7	0,49	0,81	0,35	0,58	0,49	0,36	0,16	0,44
6-8	0,62	-	0,36	0,5	0,49	0,42	0,38	0,43
7-8	0,7	-	0,37	0,53	0,54	0,38	0,52	0,44

## Discussão

O conhecimento do coeficiente de repetibilidade de variáveis para uma cultura permite ao melhorista otimizar tempo, recursos financeiros e trabalho durante um programa de melhoramento genético vegetal. Com esse coeficiente é possível estimar o quanto as medições de um dado caráter apresentam respostas que se repetem, em um mesmo genótipo.

Em plantas perenes, são poucos os estudos que abordam a repetibilidade das características, e no caso da pinheira (*A. squamosa*) não existem relatos na literatura sobre repetibilidade de características associadas a flores, frutos, sementes e produção. Em relação aos coeficientes de determinação observados para todas as características avaliadas neste estudo, Cardoso (2006) descreve como valores razoáveis as estimativas do coeficiente de determinação acima de 80%.

A repetibilidade foi de alta magnitude para as características número de flor, comprimento de flor, massa fresca do fruto, diâmetro do fruto e comprimento do fruto, indicando regularidade na expressão de tais características de uma safra para outra. Vale destacar que em regiões semiáridas brasileiras predominam duas estações: seca e úmida, com fatores climáticos contrastantes. Desta maneira o resultado dos valores de repetibilidade observados, bem como a regularidade se torna ainda mais relevante e significativa para as progênies avaliadas.

Valores altos da estimativa do coeficiente de repetibilidade de um determinado caráter indicam a possibilidade de prever o valor real dos indivíduos com um número relativamente pequeno de medições (CORNACCHIA et al., 1995), sugerindo que haverá pouco ganho em acurácia com o aumento do número de medidas (FALCONER, 1987). Para Bruna et al. (2012), conhecer o coeficiente de repetibilidade permite que a fase de avaliação seja executada com eficiência, mas com dispêndio mínimo de tempo e mão de obra.

O comprimento de flor, manteve alto índice de repetibilidade desde as primeiras medições, variando de 79 a 87%. Valores acima de 0,5 para o coeficiente de repetibilidade são indicativos de confiabilidade significativa para os números de medições necessárias (PADILHA et al., 2003). Segundo Sturion e Resende (2005), estimativas de acurácia altas demonstram a regularidade da superioridade dos indivíduos de uma safra/colheita para outra, e que a expressão dessa característica tem bom controle genético. O comprimento de flor é uma característica muito importante para o melhoramento genético da pinheira, visto que de acordo com Nietsche et al. (2003), flores maiores estão correlacionadas com maior pegamento de frutos em polinização artificial, originam frutos com maiores dimensões e com formato regular.

Por outro lado, repetibilidade de magnitude moderada foi observada para o número de frutos, número de sementes e produção total. De acordo com Bruna et al. (2012), quando a magnitude da repetibilidade é mais baixa, um maior número de repetições será necessário para que se alcance um valor de determinação satisfatório. Porém, segundo Padilha et al. (2003), variáveis que apresentam magnitude moderada conferem ao genótipo chances razoáveis de ganho genético.

Nota-se que as características número de frutos, número de sementes e produção total compreendem dados provenientes de medidas quantitativas. Estimativas de repetibilidade mais baixas atribuídas a dados de natureza quantitativa podem estar associadas a sensibilidade aos efeitos ambientais. Em outras espécies de plantas perenes a característica de produção também apresentou valores de baixa a média magnitudes de repetibilidade similares a esse estudo, como pessegueiros (22%) (Bruna et al. 2012) e café (44%) (Pereira et al. 2013).

Neste trabalho ficou claro que apenas 5 safras é o suficiente para discernir os genótipos, com coeficiente de determinação superior a 70% e que estas avaliações devem ser feitas, preferencialmente, entre a terceira e sétima safra, ou seja, entre o quarto e sexto ano após o plantio.

Segundo Almeida (2017) são necessárias várias avaliações em espécies perenes, principalmente quando se trata de caracteres referentes à produtividade, para que a seleção dos genótipos seja realizada de forma segura. Laviola et al. (2012) também ressalta que, após o quarto ano de colheita as plantas perenes detêm uma boa estabilidade de produção. Deste modo, quando se analisa a repetibilidade de genótipos que ainda não estão estabilizados, é comum que se obtenham valores de repetibilidade de baixa magnitude (ALMEIDA, 2017). Visando incrementar a acurácia do coeficiente de repetibilidade Martuscello et al. (2007), recomenda aumentar o número de medidas tomadas para determinada característica, diminuindo a variância temporária causada pelo ambiente e, evidentemente, reduzindo se também a variância fenotípica.

## **Conclusão**

A partir do presente trabalho, observou-se que cinco medições/safras é um número adequado para a seleção de genótipos superiores, e que estas avaliações devem ser feitas, preferencialmente, entre o quarto e sexto ano após o plantio.

## Referências

- ALBUQUERQUE, A.S.; BRUCKNER, C.H.; CRUZ, C.D.; SALOMÃO, L.C.C.; NEVES, J.C.L. Repeatability and correlations among peach physical traits. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 4, n. 4, 2004.
- ALMEIDA, C.L.P. **Índices multivariados e BLUP multisafras na seleção de genótipos de goiabeira**. 2017. 99 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas. Campos dos Goytacazes, São Paulo. 2017.
- ARAÚJO, J. F.; ARAÚJO, J. F.; ALVES, A. A. C. **Instruções técnicas para o cultivo da pinha (Annona squamosa L.)**. Salvador: EBDA, 1999. 44 p. (EBDA. Circular Técnica, 7).
- BRUNA, E. D.; MORETO, A.L.; DALBO, M.A. Uso do coeficiente de repetibilidade na seleção de clones de pessegueiro para o litoral sul de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, p. 206-215, 2012.
- CARDOSO, A.I.I. Número mínimo de colheitas em pepino híbrido estimado por meio do coeficiente de repetibilidade. **Bragantia**, v. 65, p. 591-595, 2006.
- CAVALCANTE, I.H.L.; MARTINS, A.B.G.; OLIVEIRA, I.V.M. E BECKMANN-CCAVALCANTE, M.Z. Características de frutos de cinco variedades de caqui madurados em la planta o en post cosecha. **Revista de Biología e Ciências da Terra**, v. 7, n. 2, 2007.
- CORNACCHIA, G.; CRUZ, C.D.; LOBO, P.R.; PIRES, I.E. Estimativas do coeficiente de repetibilidade para características fenotípicas de procedências de *Pinus tecunumanii* (Schw.) Eguluz, Perry e *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barret, Golfari. **Revista Árvore**, v. 19, n. 3, p. 333-345, 1995.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 5.ed. Viçosa: UFV. 2012.
- FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 1987. 279p.
- LAVIOLA, B.G., Alves, A.A., Gurgel, F.D., Rosado, T.B., Costa, R.D., Rocha, R.B., Bhering, L.L., 2012. Estimate of genetic parameters and predicted genetic gains with early selection of physic nut families. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 36, p. 163-170, 2012.
- LEMOS, E.E.P. The production of annona fruits in Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. SPE1, p. 77-85, 2014.
- LOPES, R.; BRUCKNER, C. H.; CRUZ, C. D.; LOPES, M. T. G.; FREITAS, G. B. D. Repetibilidade de características do fruto de aceroleira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, p. 507-513, 2001.
- MAIA, M. C. C.; DE OLIVEIRA, L. C.; VASCONCELOS, L. F. L.; LIMA NETO, F. P.; YOKOMIZO, G. K. I.; DE ARAÚJO, L. B. Repeatability of quantitative characteristics in elite selections of the pink mango. **Agro ambiente On-line**, v. 11, n. 1, p. 56-62, 2017.
- MARTUSCELLO, J. A.; JANK, L.; FONSECA, D. M. D.; CRUZ, C. D.; CUNHA, D. D. N. F. V. Agronomic characters repeatability in *Panicum maximum* Jacq. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 1975-1981, 2007.
- NIETSCHKE, S.; PEREIRA, M. C. T.; SANTOS, F. S.; XAVIER, A. A.; DA CUNHA, L. D. M. V.; NUNES, C. F.; SANTOS, F. A. Polinização artificial de flores de pinha (*Annona squamosa* L.) de diferentes tamanhos. **Ceres**, v. 50, n. 290, 2003.
- NUNES, V. X.; NUNES, N. X.; OLIVEIRA, C. G. D.; SOBRAL, R. R. S.; SANTOS, C. E. Repetibilidade para caracteres de qualidade de frutos de figueira da Índia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, n. 5, 2017.

PADILHA, N. C. C.; OLIVEIRA, M. D. S. P. D.; MOTA, M. G. D. C. Estimativa da repetibilidade em caracteres morfológicos e de produção de palmito em pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth). **Revista Árvore**, v. 27, p. 435-442, 2003.

PEREIRA, T.B., CARVALHO, J.P.F., BOTELHO, C.E., RESENDE, M.D.V., REZENDE, J.C., MENDES, A.N.G. Eficiência da seleção de progênies de café F4 pela metodologia de modelos mistos (REML/BLUP). **Bragantia**, v. 72, p. 230-236, 2013

PINTO, A. C. DE Q.; CORDEIRO, M. C. R.; ANDRADE, S. R. M.; FERREIRA, F. R.; FILGUEIRAS, H. A. DE C.; ALVES, R. E.; KINPARA, D. I. *Annona* species. International Centre for Underutilised Crops, **University of Southampton**, UK, 284p, 2005.

QUINTAL, S. S. R., VIANA, A. P., CAMPOS, B. M., VIVAS, M., & DO AMARAL JÚNIOR, A. T. Análise de Estruturas de Covariâncias e Repetibilidade em População Segregante de Goiabeira. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 4, p. 885-891, 2017.

RADAELLI, J. C.; PORTO, A. H.; WAGNER JÚNIOR, A.; DOMINGUES, L. D. S.; MAZARO, S. M.; CITADIN, I. Repetibilidade com base no comportamento de crescimento em genótipos de jabuticabeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 5, 2018.

RESENDE, M.D.V. **Genética Quantitativa e de Populações**. Visconde do Rio Branco: Suprema. 2015.

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

SALES, W. S.; ISHIKAWA, F. H.; DE CARVALHO SOUZA, E. M.; NASCIMENTO, J. H. B.; DE SOUZA, E. R.; DE SOUZA LEÃO, P. C. Estimates of repeatability for selection of genotypes of seedless table grapes for Brazilian semiarid regions. **Scientia Horticulturae**, v. 245, p. 131-136, 2019.

SILVA, S.A.; DANTAS, A.C.V. L.; COSTA, M.A.P. C.; FERREIRA, C.F.; FONSECA, A.A.O. **Caracterização de genótipos de fruteiras potenciais para o Nordeste brasileiro**. Tópicos em ciências agrárias. Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia- UFRB, 2009. v.1, p.17-24.

STURION, J. A., RESENDE, M. D. V. Seleção de progênies de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.) para a produtividade, estabilidade e adaptabilidade temporal de massa foliar. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 50, n. 37. 2005.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O melhoramento genético de *Annona squamosa* L. no Brasil ainda se encontra em estágio inicial, com poucos estudos disponíveis na literatura e sem cultivares viáveis e adaptadas ao nosso país disponíveis no mercado.

Dessa forma, entender que o comprimento de flor e o comprimento de fruto são características com potencial de utilização nos programas de melhoramento genético e que a avaliação de quatro medições/safras representa um coeficiente de determinação confiável para efetuar a seleção de forma segura, permite que novas etapas no processo de melhoramento genético da espécie sejam cumpridas.