



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE  
E BIOTECNOLOGIA - REDE BIONORTE**



**DIVERGÊNCIA GENÉTICA DOS ATRIBUTOS PRODUTIVOS E  
SENSORIAIS DE CLONES DE *Coffea canephora* Pierre ex A.Froehner  
CULTIVADOS NA AMAZÔNIA OCIDENTAL**

**LARISSA CRISTINA TORREZANI STARLING REINICKE**

**Cacoal - RO**

**2024**

**LARISSA CRISTINA TORREZANI STARLING REINICKE**

**DIVERGÊNCIA GENÉTICA DOS ATRIBUTOS PRODUTIVOS E  
SENSORIAIS DE CLONES DE *Coffea canephora* Pierre ex A.Froehner  
CULTIVADOS NA AMAZÔNIA OCIDENTAL**

Tese de doutorado apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia – Rede BIONORTE, na Universidade Federal de Rondônia, como requisito parcial para a obtenção do Título de Doutor em Biodiversidade e Biotecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo C. Espindula

**Cacoal - RO**

**12/2024**

Catalogação da Publicação na Fonte  
Fundação Universidade Federal de Rondônia - UNIR

---

R372d Reinicke, Larissa Cristina Torrezani Starling.

Divergência genética dos atributos produtivos e sensoriais de clones de Coffea canephora Pierre ex A.Froehner cultivados na Amazônia Ocidental / Larissa Cristina Torrezani Starling Reinicke. - Porto Velho, 2024.

75f.: il.

Orientação: Prof. Dr. Marcelo Curitiba Espindula.

Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia - Rede Bionorte. Fundação Universidade Federal de Rondônia.

1. Produtividade. 2. Métodos de seleção. 3. Diversidade genética. 4. Robustas finos. I. Espindula, Marcelo Curitiba. II. Título.

Biblioteca Central

CDU 575(043.2)

## TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO

Eu, Larissa Cristina Torrezani Starling Reinicke, (X) autorizo ( ) não autorizo a publicação da versão final aprovada de minha Tese de Doutorado intitulada “DIVERGÊNCIA GENÉTICA DOS ATRIBUTOS PRODUTIVOS E SENSORIAIS DE CLONES DE *Coffea canephora* Pierre ex A.Froehner CULTIVADOS NA AMAZÔNIA OCIDENTAL” no Portal do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia – Rede BIONORTE (PPG-BIONORTE), bem como no repositório de Teses da CAPES ou junto à biblioteca da Instituição Certificadora.

Cacoal/RO, 27 de dezembro de 2024

---

Larissa Cristina Torrezani Starling Reinicke

CPF: 005.949.912-50

RG: 1128870 SESDEC/RO

**LARISSA CRISTINA TORREZANI STARLING REINICKE**

**DIVERGÊNCIA GENÉTICA DOS ATRIBUTOS PRODUTIVOS E  
SENSORIAIS DE CLONES DE *Coffea canephora* Pierre ex A.Froehner  
CULTIVADOS NA AMAZÔNIA OCIDENTAL**

Tese de doutorado apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia – Rede BIONORTE, na Universidade Federal de Rondônia, como requisito parcial para a obtenção do Título de Doutor em Biodiversidade e Biotecnologia.

Aprovada em 13 de dezembro de 2024

**Banca Examinadora**

---

Prof. Dr. Marcelo Curitiba Espindula (Orientador)  
EMBRAPA Café/INCAPER

---

Prof. Dr. Rodrigo Barros Rocha  
EMBRAPA Café/INCAPER

---

Prof. Dr. Maria Teresa Gomes Lopes  
Universidade Federal do Amazonas

---

Prof. Dr. Renato Fernando Amabile  
EMBRAPA Cerrados

---

Prof. Dr. José Altino Machado Filho  
INCAPER

**DEDICATÓRIA** - Eu poderia dedicar esse título a Deus, que desde sempre tem sido meu companheiro e tem me sustentado nos momentos mais difíceis. Eu poderia dedicar a meu esposo Tyago, que me incentiva dia após dia, que não deixa a peteca cair e que é a própria definição de companheirismo. Poderia também dedicar aos meus pequenos Artur e Laura (que já nem são tão pequenos mais) que, à sua própria maneira, souberam entender a ausência da mamãe em alguns momentos; que tiravam sonecas estratégicas no horário das aulas para que eu pudesse me dedicar; e não se importavam de passear no meio da lavoura de café. Essa dedicatória também poderia ser escrita para meus pais, que desde a infância me apoiam e incentivam a sempre estudar e buscar os meus sonhos. Tanta gente importante e que merece ser lembrada. Mas hoje essa dedicatória tem um nome e uma saudade! Dedico esse título, essa tese e minhas conquistas pessoais e profissionais a alguém que se foi mesmo antes de saber que a neta seria doutora e mãe, àquela que está sempre sorridente na foto que vejo enquanto escrevo essa dedicatória, dona Eulina Portugal Starling. Àquela que sempre vibrou com minhas conquistas; que era sempre atenciosa; meu refúgio durante episódios de medo lá atrás, quando iniciei a vida estudantil com apenas dois anos de idade; que me deu suporte emocional e financeiro durante a graduação e o mestrado; que junto com meu avô me presenteou sem questionar quando pedi um livro de Fisiologia Vegetal em meu aniversário para poder entender melhor uma ciência que tanto gostava; que se foi tão cedo, tão rápido e deixou um vazio tão grande e uma saudade diária imensurável. Àquela a quem eu daria tudo para poder mais uma vez dizer EU TE AMO.

**VÓ, ESSA É PRA VOCÊ!!!**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por basicamente TUDO.

Agradeço ao meu companheiro de todas as horas Tyago por me incentivar a fazer o doutorado, mesmo estando prestes a dar à luz, por me ajudar no decorrer das disciplinas, do estágio e dos experimentos que tomavam sempre tanto tempo.

Agradeço a meus filhos que são minha alegria diária, meu momento de descanso e distração, a completa realização da minha vida pessoal.

Agradeço a meus pais que sempre foram grandes incentivadores para que eu estudasse, buscasse meus sonhos e minha realização profissional.

Agradeço aos amigos e familiares que sempre vibraram com minhas conquistas.

Agradeço a meu orientador “de sempre e pra sempre” Marcelo Curitiba Espindula, que me ouve e me desorienta desde a graduação, há 10 anos (caramba nunca tinha feito essa conta, quanto tempo!).

Agradeço ao pesquisador e professor Rodrigo Barros Rocha, que ao longo de minha caminhada acadêmica me deu suporte em vários momentos de sufoco, me ajudando a entender melhor a “genética da coisa”.

Agradeço ao Instituto Federal de Rondônia, minha segunda casa, o lugar em que me realizo profissionalmente, onde faço o que gosto e sou sempre incentivada a buscar mais.

Agradeço à Rede BIONORTE, pela oportunidade de realização desse sonho profissional. Ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café (Consórcio Pesquisa Café), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro direta e indiretamente.

Agradeço a cada um, que direta ou indiretamente me ajudaram a chegar até aqui.

A todos, o meu muito obrigado!

**"EPÍGRAFE - Em algum lugar,  
alguma coisa incrível está esperando  
para ser descoberta."**

Carl Sagan

REINICKE, Larissa Cristina Torrezani Starling. **Divergência genética dos atributos produtivos e sensoriais de clones de *Coffea canephora* Pierre ex A.Froehner cultivados na Amazônia Ocidental.** 2024. 75f. Tese (Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia) – Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 2024.

## RESUMO

A cafeicultura em Rondônia tem se consolidado como uma atividade econômica crucial, especialmente na agricultura familiar, com destaque para o cultivo do café canéfora. A introdução da cafeicultura no estado foi impulsionada por migrantes do Espírito Santo e pela disseminação de progênies de *Coffea canephora* Pierre ex A.Froehner pela Embrapa Rondônia, resultando em uma rica diversidade genética e hibridação natural entre Conilon e Robusta. A espécie *C. canephora* é notável por sua polinização cruzada e alta variabilidade genética, proporcionando uma base sólida para programas de melhoramento. A clonagem para a produção de mudas representa um avanço significativo, permitindo a multiplicação eficiente de genótipos superiores, com foco não apenas na produtividade, mas também na qualidade sensorial. A diversidade genética é essencial para o sucesso dos programas de melhoramento, e a estimativa de parâmetros genéticos é crucial para identificar genótipos promissores e prever ganhos genéticos. Métodos de seleção ajudam a escolher genótipos de forma eficiente, considerando múltiplas características simultaneamente. Genótipos de *C. canephora* foram avaliados em diferentes localidades e safras com o objetivo de analisar e compreender a divergência genética entre os clones de *C. canephora* cultivados na região da Amazônia Ocidental, em relação aos atributos produtivos e sensoriais, a fim de fornecer informações relevantes para o melhoramento genético e aprimoramento da qualidade do café na região (Capítulos I e II). Para avaliação de atributos sensoriais, o desempenho dos clones em diferentes ambientes foi analisado considerando análises de variância simples e conjunta, estimativas de parâmetros genéticos e a dispersão no plano dos valores genéticos. Observou-se efeito significativo da interação genótipo  $\times$  ambientes, o que indica que os clones apresentaram desempenho diferenciado entre os ambientes cultivados. Estimativas dos parâmetros genéticos indicaram predomínio do efeito genotípico na expressão dos atributos sensoriais, com dez genótipos apresentando notas acima de 80 pontos. Os clones AS7, AS1, N8(G8), L1, R152, AS5, LB15 e R152 apresentaram maior adaptabilidade e estabilidade; os clones WP6, GB7, N16 e R22 apresentaram menor previsibilidade de desempenho; e os clones AR106 e N13 se caracterizaram pela maior estabilidade e menor adaptabilidade. Os clones estudados apresentaram ampla variabilidade genética, sendo possível selecionar clones com desempenho superior para a qualidade de bebida. Por sua vez o estudo dos atributos produtivos de genótipos

foi realizado de forma a quantificar os ganhos com a seleção para a produtividade e características físicas de grãos de genótipos de *C. canephora* cultivados na Amazônia Ocidental. Análises de variância mostraram desempenho diferencial entre os genótipos para todas as características. Parâmetros genéticos indicaram forte controle genético sobre produtividade, massa de grãos e tamanho médio de peneira, com herdabilidade acima de 78%. Trinta e cinco por cento dos genótipos destacaram-se pela maior produtividade, com média estimada de 134,2 sacas ha<sup>-1</sup>. O genótipo SK41 teve a maior massa de 1000 grãos (237,07 g) e os genótipos LB88 e N13 apresentaram peneira média 18. Os clones mostraram ampla variabilidade genética e diferentes índices de seleção permitiram selecionar genótipos superiores, com taxa de coincidência de 50%. Os genótipos N8(G8), GB4 e L1 foram selecionados em todas as metodologias empregadas.

**Palavras-chave:** Produtividade; Métodos de Seleção; Diversidade Genética; Robustas Finos.

REINICKE, Larissa Cristina Torrezani Starling. **Genetic divergence of productive and sensory properties of *Coffea canephora* Pierre ex A.Froehner clones grown in the Western Amazon.** 2024. 75f. Thesis (PhD in Biodiversity and Biotechnology) – Federal University of Rondônia, Porto Velho, RO – Brazil, 2024.

### ABSTRACT

Coffee cultivation in Rondônia has become a crucial economic activity, especially within family farming, with a focus on cultivating *Coffea canephora* Pierre ex A.Froehner. The introduction of coffee cultivation in the state was driven by migrants from Espírito Santo and the dissemination of *C. canephora* progenies by Embrapa Rondônia. This resulted in rich genetic diversity and natural hybridization between Conilon and Robusta. The species *C. canephora* is noted for its cross-pollination and high genetic variability, providing a solid foundation for breeding programs. Cloning for seedling production has represented a significant advancement, allowing the efficient multiplication of superior genotypes with an emphasis on both productivity and sensory quality. Genetic diversity is essential for the success of breeding programs, and estimating genetic parameters is crucial for identifying promising genotypes and predicting genetic gains. Selection methods facilitate the efficient choice of genotypes by considering multiple characteristics simultaneously. *C. canephora* genotypes were evaluated across different locations and harvests to analyze and understand the genetic divergence among clones cultivated in the Western Amazon region, focusing on both productive and sensory attributes. This analysis aims to provide relevant information for genetic improvement and quality enhancement of coffee in the region. For evaluating sensory attributes, the performance of clones in different environments was analyzed using simple and joint variance analyses, genetic parameter estimations, and dispersion in the genetic value plane. A significant genotype x environment interaction effect was observed, indicating varied performance of clones across different cultivated environments. Genetic parameter estimations revealed a predominance of genotypic effects on sensory attributes, with ten genotypes scoring above 80 points. Clones AS7, AS1, N8(G8), L1, R152, AS5, LB15, and R152 showed higher adaptability and stability; clones WP6, GB7, N16, and R22 exhibited lower performance predictability; while clones AR106 and N13 were characterized by greater stability and lower adaptability. The studied clones demonstrated wide genetic variability, allowing for the selection of those with superior drink quality performance. The study of productive attributes aimed to quantify the gains from selection in terms of productivity and physical characteristics of *C. canephora* genotypes cultivated in the Western Amazon. Variance analyses revealed differential performance among genotypes for all characteristics. Genetic parameters indicated strong genetic control over

productivity, grain mass, and average sieve size, with heritability exceeding 78%. Thirty-five percent of the genotypes stood out for higher productivity, with an estimated average of 134.2 bags per hectare. Genotype SK41 had the highest 1000-grain mass (237.07 g), and genotypes LB88 and N13 had an average sieve size of 18. The clones exhibited wide genetic variability, and different selection indices allowed for the selection of superior genotypes, with a coincidence rate of 50%. Genotypes N8(G8), GB4, and L1 were selected across all employed methodologies.

**Keywords:** Productivity; Selection Methods; Genetic Diversity; Fine Robustas.

## LISTA DE FIGURAS, TABELAS E QUADROS

**Figura 1** – Evolução da área em produção, produção e produtividade de lavouras cafeeiras em Rondônia entre os anos 2011 e 2024 (CONAB, 2024b) ..... 19

### Capítulo I

**Tabela 1** - Relação dos genótipos de *Coffea canephora* utilizados para avaliação da interação genótipo × ambiente para os atributos sensoriais dos grãos torrados e moídos ..... 31

**Tabela 2** - Propriedades químicas do solo na camada de 0-20 cm das lavouras experimentais de Porto Velho e São Felipe D'Oeste ..... 32

**Figura 1** - Precipitação, umidade e temperatura média nas lavouras de Porto Velho e São Felipe d'Oeste durante a safra 20/21. .... 33

**Tabela 3** – Médias da nota final de qualidade de bebida e resumo da análise de variância individual para os ambientes São Felipe D'Oeste e Porto Velho ..... 35

**Tabela 4** – Resumo da análise de variância conjuntas para 14 genótipos e dois ambientes, São Felipe d'Oeste e Porto Velho..... 36

**Tabela 5** - Pontuação média (0 a 100), média geral e classificação dos genótipos quanto aos atributos sensoriais dos grãos torrados e moídos, pelo Protocolo de Degustação de Robustas Finos ..... 38

**Figura 2** - Gráfico de dispersão da pontuação média (0 a 100) dos atributos sensoriais dos grãos torrados e moídos, pelo Protocolo de Degustação de Robustas Finos ..... 39

### Capítulo II

**Tabela 1** - Identificação de 31 genótipos estudados de acordo com sua origem e data de início da comercialização em domínio público ..... 46

**Figura 1** – Precipitação, temperatura mensal média máxima e mínima na lavoura experimental em São Felipe do Oeste/RO durante o período experimental de 2020 a 2023. .... 47

**Tabela 2** - Classes utilizadas para a classificação do café, de acordo com a Tabela Oficial de Classificação ..... 49

**Tabela 3** - Resumo da análise de variância e dos parâmetros genéticos da produtividade (sacas ha<sup>-1</sup>), massa de 1000 grãos (gramas) e peneira média de 31 clones comercializados em domínio público avaliados ao longo de três safras (média de três safras) no município de São Felipe d'Oeste - RO de 2020 a 2023 ..... 51

**Tabela 4** - Produtividade (sacas ha<sup>-1</sup>), massa de mil grãos (gramas) e peneira média dos 31 genótipos em domínio público avaliados ao longo de três safras (média de três safras) no município de São Felipe d'Oeste - RO de 2020 a 2023. .... 53

**Figura 2** - Gráfico de dispersão da produtividade x massa de 1000 grãos (A) e peneira média x produtividade (B) de genótipos de *Coffea canephora* ..... 55

**Figura 3** - Gráfico de dispersão da peneira média x massa de mil grãos de genótipos de *Coffea canephora* ..... 56

**Tabela 5** - Estimativas de ganho com a seleção comparando os ganhos com a seleção direta para produtividade, massa de mil grãos e peneira média de 31 genótipos de cafeeiros *C. canephora* avaliados ao longo de três safras no município de São Felipe D'Oeste – RO, de 2020 a 2023 ..... 57

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabela 6</b> – Índice de coincidência dos genótipos de <i>C. canephora</i> selecionados por diferentes índices de seleção ..... | 58 |
|--|----|

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| <b>1. INTRODUÇÃO</b> .....  | 12 |
| <b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....   | 15 |
| <b>2.1 Cafeicultura Rondoniense</b> .....                                       | 15 |
| <b>2.2 Diversidade e melhoramento genético de <i>Coffea canephora</i></b> ..... | 16 |
| <b>2.3 Atributos Produtivos e Sensoriais de <i>Coffea canephora</i></b> .....   | 18 |
| <b>2.4 Parâmetros Genéticos e Índices de Seleção</b> .....                      | 20 |
| <b>3. REFERÊNCIAS</b> .....   | 24 |
| <b>Capítulo I</b> .....   | 28 |
| <b>Resumo</b> .....   | 28 |
| <b>Abstract</b> .....   | 28 |
| <b>1. INTRODUÇÃO</b> .....  | 29 |
| <b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....  | 31 |
| <b>2.1 Experimentos em campo</b> .....  | 31 |
| <b>2.2 Coleta de amostras e análises sensoriais</b> .....                       | 33 |
| <b>2.3 Análise dos dados</b> .....  | 34 |
| <b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....  | 34 |
| <b>4. CONCLUSÕES</b> .....  | 40 |
| <b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....                                      | 40 |
| <b>Capítulo II</b> .....  | 43 |
| <b>Resumo</b> .....   | 43 |
| <b>Abstract</b> .....   | 43 |
| <b>1. INTRODUÇÃO</b> .....  | 44 |
| <b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....  | 46 |
| <b>2.1 Experimento em campo</b> .....   | 46 |
| <b>2.2 Coleta e processamento de amostras</b> .....                             | 48 |
| <b>2.3 Análise dos dados</b> .....  | 49 |
| <b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....  | 51 |
| <b>4. CONCLUSÕES</b> .....  | 58 |
| <b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....                                      | 59 |
| <b>Capítulo III</b> .....   | 65 |
| <b>4. CONCLUSÕES</b> .....  | 69 |
| <b>ANEXOS</b> .....   | 70 |
| <b>COMPROVANTES DE SUBMISSÃO E/OU ACEITAÇÃO DOS ARTIGOS</b> .....               | 70 |

## 1. INTRODUÇÃO

O café é a bebida mais consumida mundialmente, com volume estimado de 177 milhões de sacas no ano de 2023, sendo 68% desse volume consumido em países que não são produtores desses grãos, é o que aponta o relatório da International Coffee Organization (2023). Esses dados evidenciam que as regiões produtoras de café foram responsáveis, em 2023, por suprir o mercado com 178 milhões de sacas de café, das quais 42,6% foram da espécie *Coffea canephora* Pierre ex A.Froehner.

A cafeicultura apresenta grande destaque na economia mundial, ocupando a segunda colocação na geração de riqueza do planeta, que a coloca atrás apenas do petróleo. E, no Brasil, isso não é diferente, o café é a principal lavoura perene cultivada, com mais de 55 milhões de sacas produzidas na safra 22/23, das quais quase 30% foram de *C. canephora*. Com produção superior a 3 milhões de sacas na safra 2023, Rondônia destaca-se no cenário nacional ocupando a vice liderança em produção e produtividade de *C. canephora* (CONAB, 2024a; IBGE, 2017).

Localizado na Amazônia Ocidental, o estado de Rondônia é resultado da expansão agrícola brasileira na floresta amazônica, que incorporou áreas das atividades produtivas extrativistas para a produção agropecuária destinada às demandas do mercado globalizado. Dentre os produtos introduzidos na região amazônica o café tomou grande importância na transformação do uso espacial rondoniense, após o processo de colonização dirigido pelo Governo Federal, que incentivou intenso fluxo migratório para o estado, resultando em acelerada substituição de áreas de floresta por lavouras de café e pecuária (SANTOS e SILVA, 2017).

Na segunda metade da década de 90, teve início o processo de seleção e clonagem de cafeeiros tanto pelos pesquisadores da Embrapa, quanto por cafeicultores da região central do estado de Rondônia. Neste período, as plantas eram selecionadas com base nas características favoráveis às condições de cultivo daquela época visando, principalmente, a seleção de genótipos produtivos e estáveis em condições de sequeiro e de baixo aporte de fertilizantes.

Com o emprego do processo de clonagem, os híbridos naturais selecionados por agricultores passaram, então, a ser produzidos em escala comercial, alcançando aproximadamente 13 milhões de mudas por ano, entre 2016 e 2018, período em teve início a vigência de legislação específica para o controle da produção de mudas no estado de Rondônia, segundo dados da Agência de Defesa Sanitária Agrosilvopastoril do Estado de Rondônia – IDARON (2018). Esse valor corresponde a uma renovação anual de cerca de 10% do parque cafeeiro do estado.

Embora os genótipos selecionados e comercializados por cafeicultores rondonienses representem mais de 90% do parque cafeeiro implantado nos últimos 10 anos, cabe ressaltar que a maioria destes foram selecionados de maneira empírica, apenas com base em observações e anotações, sem qualquer tipo de análise estatística, repetição e outros fatores que estão envolvidos na experimentação agrícola. As pesquisas científicas com esses genótipos somente foram iniciadas após já serem cultivados de forma comercial, em campo.

Como existe grande disponibilidade de clones comerciais sem origem genética definida, para muitos desses clones existem poucos dados científicos sobre seu comportamento em campo, como ciclo de maturação, produtividade, rendimento, peneira média e qualidade de bebida.

Para o lançamento de cultivares clonais de café por parte das empresas de pesquisa agropecuária, como destacam Ferrão *et al.* (2017a), há uma série de protocolos a serem seguidos, que se iniciam com a eleição, por intermédio de avaliação fenotípica, de indivíduos considerados superiores em campos de polinização aberta. Em seguida, esses indivíduos selecionados fenotipicamente são avaliados em ensaios de competição por, no mínimo, quatro colheitas, e os dados sobre as diferentes características de interesse do programa de melhoramento são coletados e analisados e, após as avaliações, ainda é realizado o teste de compatibilidade genética.

Além disso, há uma série de características de maior valor agregado, como destacam Rocha *et al.* (2015), que devem figurar entre os critérios de seleção, tais como rendimento de grãos, vigor vegetativo, estabilidade e bienalidade de produção, maturação dos frutos, resistência/tolerância a doenças e qualidade de grãos, onde se enquadram todas as características ligadas aos grãos, sejam físicas, químicas e/ou sensoriais.

Assim, fica evidente a carência de informações científicas a respeito dos genótipos selecionados e comercializados por produtores e viveiristas, uma vez que são amplamente empregados nas lavouras cafeeiras em todo o estado. Acredita-se que exista uma correlação significativa entre a divergência genética dos clones de *C. canephora* cultivados na Amazônia Ocidental e a expressão de atributos produtivos e sensoriais do café. A existência desses dados básicos é essencial para que os produtores possam ter embasamento para a escolha dos genótipos a serem implantados nas lavouras em formação. Inclusive há, por parte dos cafeicultores, a demanda para que sejam realizadas pesquisas dessa natureza que possam apontar as características acima citadas sobre os principais genótipos cultivados em Rondônia.

Nesse sentido, objetivou-se analisar e compreender a divergência genética entre os clones de *C. canephora* cultivados na região da Amazônia Ocidental, em relação aos atributos

produtivos e sensoriais, a fim de fornecer informações relevantes para o melhoramento genético e aprimoramento da qualidade do café na região.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Cafeicultura Rondoniense

A cafeicultura tem se destacado como atividade econômica, especialmente na agricultura familiar, em diversos municípios do estado de Rondônia, sendo o café canéfora, como são usualmente chamados os grãos provenientes de plantas pertencentes aos grupos botânicos Conilon e Robusta da espécie *Coffea canephora*, o mais cultivados no estado (REINICKE, 2017).

Em um estudo sobre o uso e cobertura da terra na região das Matas de Rondônia, que concentra a maior parte da produção cafeeira de Rondônia, Ronquim *et al.* (2024) destacam que a cafeicultura na área é predominantemente caracterizada por pequenas propriedades. Dos mais de 37 mil imóveis rurais constantes no Cadastro Ambiental Rural (CAR), aproximadamente 8,4 mil são dedicados ao cultivo de café, representando mais da metade das propriedades cafeeiras desta região. Notavelmente, 95,5% dessas propriedades têm área de até quatro módulos fiscais, enquanto cerca de 24% operam em áreas ainda menores, de até 12 hectares, evidenciando a predominância de pequenas propriedades familiares na produção cafeeira da região.

Dessa forma, desde sua introdução em Rondônia, até a atualidade, a atividade cafeeira tem passado por constantes mudanças, advindas, principalmente, de um processo de modernização no sistema de produção. Santos e Silva (2021) caracterizam quatro importantes momentos/movimentos nesse processo de modernização da produção cafeeira em Rondônia, sendo eles:

- Formação Territorial de Rondônia e territorialização do migrante (1970-1990): colonização do INCRA e abertura dos lotes rurais, territorialização dos colonos, interação comunitária e prática do cultivo tradicional;
- Afirmação da cafeicultura rondoniense (1990-2001): afirmação da cafeicultura em Rondônia, aumento da área plantada e da produção de café, alternância como 5º e 6º maior produtor nacional e infraestrutura para a cafeicultura;
- Desaceleração da produção de café (2002-2010): desaceleração da cafeicultura, concorrência internacional, queda no preço do café, dificuldade de participação no mercado nacional devido à baixa qualidade do produto e substituição do cafeeiro pelo gado leiteiro;
- Modernização e incremento técnico-científico à produção (a partir de 2010): modernização técnico-científica na produção, aumento da produtividade, atração de torrefadoras multinacionais e solidariedade organizacional.

A introdução da cafeicultura no estado ocorreu principalmente em função da migração de cafeicultores do norte do estado do Espírito Santo. Além da procedência capixaba, Espindula *et al.* (2017) destacam que em 1981 foram introduzidas, pela Embrapa Rondônia, 18 progênies de *C. canephora* dos grupos Conilon e Robusta oriundas do Instituto Agronômico de Campinas – IAC, cujas sementes foram amplamente distribuídas aos agricultores entre as décadas de 80 e início dos anos 2000.

Como o cafeeiro *C. canephora* é de polinização aberta e autoincompatível, e as áreas estavam próximas, muitas sementes tiveram origem na hibridação natural de plantas de ambos os grupos. Além da hibridação natural ocorrida nas populações originais, acredita-se que as lavouras formadas com estas sementes produziram sementes para formação de novas lavouras comerciais, dando sequência ao processo de hibridação natural entre plantas dos grupos ‘Conilon’ e ‘Robusta’. Dessa forma, o parque cafeeiro do estado de Rondônia passou a ser formado por plantas com características de Conilon, Robusta e por plantas que apresentavam características intermediárias entre os dois grupos, que são denominados de híbridos de Conilon com Robusta (ESPINDULA *et al.*, 2017).

## **2.2 Diversidade e melhoramento genético de *Coffea canephora***

A espécie *C. canephora* caracteriza-se como uma planta tipicamente alógama, que apresenta mecanismos que favorecem a polinização cruzada tais como, a autoincompatibilidade gametofítica e o florescimento sincronizado. A alta heterogeneidade entre plantas de lavouras seminais é uma característica marcante dessa espécie que apresenta alta variabilidade genética natural e polinização cruzada entre gerações (ESPINDULA *et al.*, 2017). Essa capacidade de impedir a autofecundação é uma característica importante do sistema reprodutivo do cafeeiro *C. canephora*, que evoluiu como forma de evitar os efeitos nocivos da endogamia (NOWAK *et al.*, 2011).

Dessa forma o resultado da reprodução natural (seminal) é a obtenção de indivíduos altamente heterozigotos e uma ampla variabilidade genética para diversas características como ciclo de maturação, produtividade, resposta e resistência a estresses bióticos e abióticos, qualidade de bebida, tamanho e formato de grãos, dentre diversas outras (IVOGLO *et al.*, 2008; ARAÚJO *et al.*, 2021; MACHADO *et al.*, 2022). Essa heterogeneidade genética e fenotípica das plantas de *C. canephora* é de grande valor para os programas de melhoramento genético, visto que serve como fonte de genes que podem ser utilizados para criar novos clones (SOUZA, 2024).

O melhoramento genético de plantas visa manipular suas características em benefício dos interesses sociais, econômicos e ambientais, o que envolve conhecer a espécie, sua variabilidade genética, métodos de melhoramento e utilizar análises genético-biométricas (FERRÃO *et al.*, 2017; SOUZA *et al.*, 2015). Na cafeicultura, esse processo tem aumentado a produtividade, melhorado a estrutura das plantas para facilitar a colheita, incorporado resistência a pragas e doenças e adaptado os materiais genéticos aos diversos ambientes de cultivo (FERRÃO *et al.*, 2017a; MORAES *et al.*, 2020; ROCHA *et al.*, 2013; RUDNICK *et al.*, 2020).

A seleção de genótipos superiores no cafeeiro canéfora, um processo tradicionalmente lento e laborioso conforme descrito por Rocha *et al.* (2015) e Fonseca *et al.* (2017), é desafiada pela sua reprodução por fecundação cruzada e pela propagação inicialmente baseada em sementes. No entanto, a adoção da clonagem para a produção de mudas de café transformou significativamente esse panorama.

A propagação vegetativa do cafeeiro canéfora pelo método de clonagem por estaquia é a técnica de maior relevância para a produção de mudas dessa espécie no Brasil, onde pelo menos 90% do total anual das mudas são obtidas por esse método. Esse fato é devido ao emprego predominante de cultivares clonais melhoradas, que são compostas por diversos genótipos que precisam ser propagados assexuadamente (VERDIM FILHO *et al.*, 2022).

Ao descrever a cafeicultura rondoniense, Espindula *et al.* (2017), destacam que na segunda metade da década de 90, os melhoristas da Embrapa Rondônia começaram a selecionar e clonar genótipos de café em áreas comerciais de produtores no estado. As plantas eram escolhidas com base na produção, potencial de produção do próximo ano, resistência a doenças, tamanho e uniformidade dos frutos, entre outros critérios. Após a marcação, os brotos eram preparados para clonagem no campo Experimental da Embrapa Rondônia. Segundo esses autores, no mesmo período, alguns agricultores também iniciaram a seleção e clonagem de cafeeiros em suas próprias plantações formadas a partir de sementes.

Embora o processo de clonagem tenha iniciado na década de 90 e a produção comercial de mudas tenha se iniciado nos anos 2000, a intensificação da produção só ocorreu a partir de 2010, quando os resultados de desempenho agrônomico dos genótipos puderam ser percebidos pelos agricultores. Durante esse período, as mudas dos clones selecionados pelos agricultores foram comercializadas em viveiros do estado, tendo se consolidado no mercado e, por isso, hoje constituem a principal base genética dos clones cultivados (ESPINDULA *et al.*, 2022).

A cafeicultura de Rondônia possui sua base genética na espécie *C. canephora*, variedades botânicas Conilon, Robusta e híbridos intervarietais. Os trabalhos de seleção de genótipos superiores desenvolvidos pelos cafeicultores e pela Embrapa Rondônia contribuíram

para aumento de produtividade da cultura ao longo das últimas três décadas, com redução na área de plantio e aumento da produtividade (DALAZEN *et al.*, 2022).

### **2.3 Atributos Produtivos e Sensoriais de *Coffea canephora***

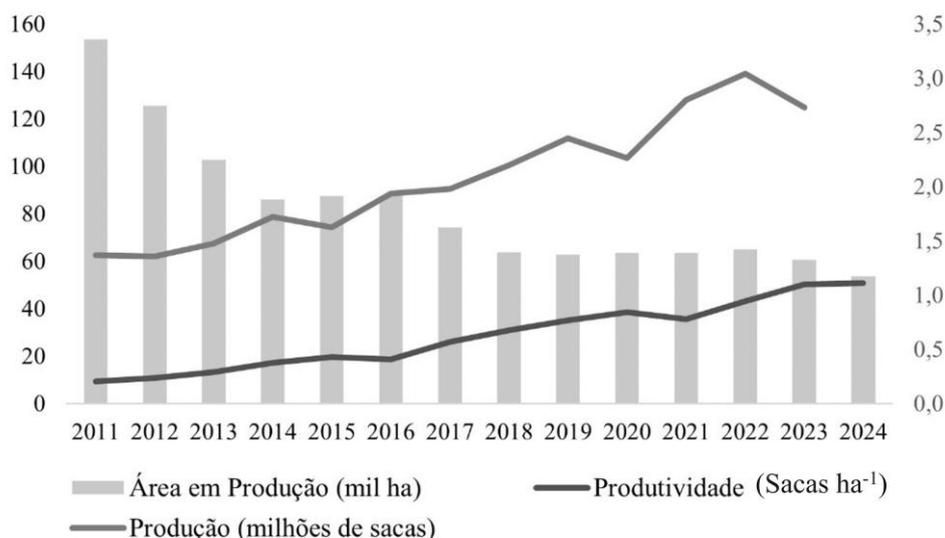
Os principais objetivos do melhoramento de *C. canephora* são a obtenção de cultivares que reúnam alta produtividade e elevada qualidade de grãos, por meio da adaptabilidade a vários ambientes, estabilidade de produção, tolerância à seca, resistência a pragas e doenças, uniformidade de maturação e outras características agronômicas de interesse (FERRÃO *et al.* 2017a).

Ao descrever a seleção de clones feitas pelos cafeicultores rondonienses, Espindula *et al.* (2022) destacam que o cultivo de cafeeiros clonais foi importante para a definição dos aspectos sensoriais relacionados à qualidade de bebida, já que nos últimos anos os agricultores de Rondônia têm sido motivados a melhorarem a qualidade dos seus cafés e, com isso, a seleção de clones que até então ocorria basicamente por aspectos produtivos, também passou a considerar o potencial de bebida de cada genótipo.

A produtividade e o rendimento no beneficiamento dos grãos de *C. canephora* são as principais características utilizadas na seleção para a multiplicação clonal de plantas (MARTINS *et al.*, 2019). Além da produtividade, outros caracteres devem ser utilizados no processo de seleção como tamanho de peneira e peso do grão, uma vez que, de maneira geral, a produtividade do cafeeiro se dá em função do número, tamanho e densidade dos grãos produzidos, variando em função do genótipo e das condições de cultivo e podem sofrer grandes variações, com diferenças entre materiais genéticos de duas a quatro vezes entre o menor e o maior rendimento, em função dos anos e locais (ROCHA *et al.*, 2015).

A seleção de genótipos mais produtivos é primordial para o avanço da cafeicultura, uma vez que permite obtenção de produções cada vez maiores em áreas menores, o que acarreta, conseqüentemente, diminuição na demanda de mão-de-obra, menor pressão sobre áreas de floresta, dentre outros. Esse processo já vem ocorrendo no estado de Rondônia (Figura 1), cuja área em produção foi drasticamente reduzida nos últimos anos, no entanto, a produção se elevou e, conseqüentemente, a produtividade das lavouras.

No que diz respeito aos atributos sensoriais da bebida de café, o aumento do número de consumidores de cafés especiais e/ou superiores é crescente, essa valorização tem repercutido no campo e muitos produtores estão trocando a cafeicultura convencional pelo cultivo de cafés especiais (VIÇOSI *et al.*, 2023).



**Figura 1** – Evolução da área em produção, produção e produtividade de lavouras cafeeiras em Rondônia entre os anos 2011 e 2024 (CONAB, 2024b).

Diversos fatores afetam as propriedades sensoriais do café, tanto fatores intrínsecos como composição química e tamanho do grão, grau de maturação; quanto fatores extrínsecos como local de plantio, manejo pré e pós-colheita, método de processamento, armazenamento, dentre outros (CARDOSO *et al.*, 2023; FERREIRA *et al.*, 2022; GETANEH *et al.*, 2020; VELÁSQUEZ e BANCHÓN, 2022). Destes, aqueles ligados ao genótipo, como tamanho e composição química do grão devem ser observados no momento da seleção de genitores quando se deseja obter plantas com qualidade de bebida superior, uma vez que diversos trabalhos tem evidenciado que há predominância do componente genético na expressão da qualidade da bebida, indicando que o efeito dos genótipos foi mais importante do que o efeito dos ambientes na expressão da característica (CHESEREK *et al.*, 2022; DALAZEN *et al.*, 2020; SOUZA *et al.*, 2018).

Para avaliar a qualidade da bebida do café canéfora a Internacional Coffee Organization estabeleceu o Protocolo de Degustação de Robustas Finos, no ano de 2010, o qual contém um formulário de degustação que oferece um meio sistemático para registrar 10 importantes atributos de sabor do café Robusta: Fragrância/Aroma, Sabor, Retrogosto, Relação Salinidade/Acidez, Relação Amargor/Doçura, Sensação na Boca, Equilíbrio, Uniformidade, Limpeza e Conjunto. Defeitos, tanto leves quanto graves, também podem ser objeto de registro no formulário. Os atributos de sabor específicos levam a pontuações positivas da qualidade, refletindo o julgamento do degustador; os defeitos levam a pontuações negativas, denotando sensações desagradáveis de sabor. O Conjunto se baseia na experiência de sabor de cada degustador, como avaliação pessoal. As escalas têm 16 gradações, que representam níveis de qualidade e aumentam em quartos de ponto entre os valores numéricos de 6 a 10.

## 2.4 Parâmetros Genéticos e Índices de Seleção

O estudo da diversidade dos genótipos disponíveis é a etapa inicial para a condução eficiente de um programa de melhoramento genético, pois tal informação dá suporte ao melhorista de plantas quanto à escolha dos cruzamentos a serem realizados (OLIVEIRA et al, 1996). A avaliação do tamanho e da distribuição da divergência genética de uma população é fundamental para a preservação e exploração da variabilidade genética agrícola inter e intraespecífica (BEGNA *et al.*, 2022).

A estimação da divergência genética na cultura de *C. canephora* apresenta importância na identificação de genitores com máxima divergência genética que poderão ser destinados a cruzamentos e na identificação de genitores produtivos com máxima similaridade que, ao serem propagados vegetativamente, poderão ser agrupados, resultando, assim, em populações uniformes, de alta produtividade e melhor qualidade de bebida (FERRÃO *et al.*, 2017).

Essa variabilidade genética de uma população é quantificada por meio da estimativa de parâmetros genéticos, que permitem conhecer a estrutura genética da população, a inferência da variabilidade genética presente na população e proporcionam subsídios para prever os ganhos genéticos e o possível sucesso no programa de melhoramento (BESPALHOK *et al.*, 2009; FERRÃO *et al.*, 2008; ROCHA *et al.*, 2015). Entre os parâmetros genéticos e fenotípicos que podem auxiliar o direcionamento da seleção de cafeeiros mais promissores, destacam-se as variâncias genéticas e fenotípicas, as herdabilidades e os progressos genéticos esperados (FERRÃO *et al.*, 2008).

A quantidade de variação é medida e expressa como a variância: quando os valores são expressos como desvios da média da população, a variância é simplesmente a média dos valores ao quadrado. Os componentes nos quais a variância é dividida são a variância genotípica, que é a variância dos valores genotípicos, e a variância ambiental, que é a variância dos desvios ambientais. A variância total é a variância fenotípica, ou a variância dos valores fenotípicos, e é a soma dos componentes separados (FALCONER e MACKAY, 1996).

Quanto à herdabilidade, Jacquard (1983) apresentou três princípios para sua definição: (1) como medida de semelhança entre pai e filho, (2) porção genética no sentido amplo e (3) porção genética no sentido restrito, e ainda ressaltou que a herdabilidade não caracteriza o caráter, mas sim a estrutura da população estudada. Sendo assim, a herdabilidade reflete a proporção da variação fenotípica que pode ser herdada, ou seja, quantifica a confiabilidade do valor fenotípico como guia para o valor genético (FALCONER e MACKAY, 1996).

Estimativas próximas a 80% indicam uma predominância do componente genotípico em termos de produção de café, de acordo com Cruz *et al.* (2014). A exemplo disso, Moraes *et al.* (2020), ao estimar os parâmetros genéticos quanto à qualidade de bebida em genótipos de *C. canephora*, obtiveram valores de herdabilidade, que mensura a relação entre variâncias genotípicas e ambientais, acima de 70%. Da mesma forma, Souza *et al.* (2018) e Dalazen *et al.* (2020) obtiveram elevados valores de herdabilidade em estudos com genótipos de *C. canephora*, evidenciando que para a expressão dessa característica, por exemplo, o componente genético pode ser mais importante que a variação ambiental.

No que tange ao progresso genético, a maioria dos programas de melhoramento de cultivares envolve a seleção para múltiplos caracteres. Dependendo dos objetivos do programa ou projeto, podem ser aplicadas diferentes estratégias de seleção em estágios variados do desenvolvimento da cultivar. Entre essas estratégias estão a seleção em tandem, que consiste em selecionar um traço até que seja aprimorado, seguido pela seleção de um segundo traço, e assim sucessivamente, até que todos os traços tenham alcançado o nível desejado; os níveis de eliminação independentes, onde é estabelecido um critério de mérito para cada característica, resultando no descarte de todos os indivíduos que não atendem a esse critério, independentemente dos valores de outras características; e a seleção por índice, que possibilita a seleção simultânea de todas as características utilizando um índice de mérito líquido (BEAVIS *et al.*, 2023).

A seleção por índices ou índices de seleção constituem-se em um caráter adicional, estabelecido pela combinação ótima das várias características analisadas, o que permite que se realize com eficiência a seleção simultânea em vários caracteres por meio da combinação linear de vários valores fenotípicos, o qual resulta em uma medida que concentra, em um único valor, os méritos e os deméritos de cada genótipo para vários caracteres (CRUZ *et al.*, 2004; GARCIA e SOUZA JÚNIOR, 1999). Diferentes índices representam diferentes alternativas de seleção e, conseqüentemente, de ganhos, permitindo identificar de maneira rápida e eficiente, os genótipos mais adequados aos propósitos do melhorista (CRUZ e REGAZZI, 1997).

Inicialmente a seleção era feita de forma direta, considerando apenas a característica de maior interesse do programa de melhoramento genético, no entanto, ocasionalmente haviam perdas em outras características em detrimento daquela escolhida. Na teoria de índice de seleção obtém-se um valor numérico que funciona como um caráter adicional, resultante da combinação de determinadas características escolhidas para a prática de seleção simultânea, dessa forma, o ganho sobre uma característica é reduzido, no entanto essa redução é compensada pela melhor distribuição dos ganhos no conjunto de características (CRUZ *et al.*, 2014).

Há, na literatura, a descrição de várias propostas para a obtenção de índices de seleção, os quais dividem-se em paramétricos e não paramétricos. Para a obtenção de índices de seleção paramétricos são necessárias a estimação das matrizes de covariâncias genotípicas e fenotípicas e a determinação dos pesos econômicos relativos as várias características avaliadas. Neste caso, os ganhos genéticos são obtidos a partir da maximização da correlação entre o valor genotípico e o índice, visando a máxima eficiência na seleção e a melhoria gradativa na frequência dos alelos favoráveis para o conjunto de características desejáveis. Os pesos econômicos podem ser estimados a partir de estatísticas dos dados, como por exemplo o coeficiente de variação genotípico e a herdabilidade, ou ainda podem ser atribuídos de forma aleatória pelo melhorista (GONÇALVES e FRITSCHÉ-NETO, 2023).

Nessa categoria destaca-se o primeiro índice de seleção, proposto por Smith (1936) e Hazel (1943), que representa uma combinação linear otimizada de todos os caracteres de importância econômica avaliados. Este índice introduz dois princípios fundamentais: o índice de seleção, que é uma função linear das médias fenotípicas ponderadas por coeficientes, visando maximizar a correlação com o agregado genotípico; e o agregado genotípico, que por sua vez é outra função linear dos valores genotípicos ponderados pelos respectivos pesos econômicos das variáveis em estudo.

Alguns autores propuseram índices não lineares, também conhecidos como índices não paramétricos que têm como objetivo a simples classificação dos genótipos (GONÇALVES e FRITSCHÉ-NETO, 2023). Nesse sentido, pode-se citar índice livre de pesos e parâmetros (ELSTON, 1963), o índice de soma de ranks (MULAMBA e MOCK, 1978) e o índice de distância genótipo – ideótipo (CRUZ, 2006).

O índice livre de pesos e parâmetros desenvolvido por Elston (1963) utiliza apenas os valores fenotípicos das características, atribuindo igual importância a todas elas e não requer a estimação de parâmetros genéticos. Este método é especialmente útil em situações onde o conhecimento específico das características é limitado, exceto pela preferência por valores altos ou baixos em cada uma delas. Sua utilização elimina a necessidade de calcular matrizes de variâncias e covariâncias, assim como pesos econômicos, sendo definidos níveis mínimos ou máximos para cada característica e o índice determinado pelo produto dos desvios das médias em relação a esses níveis estabelecidos.

O índice de soma de postos ou ranks proposto por Mulamba e Mock (1978) é um método fenotípico de fácil aplicação que envolve a classificação dos genótipos com base nas médias de suas características individuais, seguindo uma ordem que favoreça o melhoramento genético. Após essa classificação, as ordens de cada genótipo são somadas para cada característica, resultando em um índice de seleção. Este índice é calculado multiplicando-se o peso econômico

de cada característica pelo posto ou rank do genótipo nessa característica. Este método não requer estimativas de covariâncias genótípicas e fenotípicas, mas é capaz de ser utilizado para prever ganhos genéticos.

Por fim, Cruz (2006) introduziu uma abordagem alternativa para a identificação de genótipos superiores, baseada na proximidade dos indivíduos em relação ao ideótipo em um plano cartesiano, que consiste em estabelecer um padrão ideal para cada característica, definindo um genótipo ideal, denominado ideótipo, que pode ou não estar presente na população avaliada. Esse método calcula a diferença entre a média de cada característica e o valor atribuído ao ideótipo, resultando em uma medida de distância para cada genótipo em relação a esse ideótipo.

### 3. REFERÊNCIAS

ARAÚJO, L. F. B.; ESPINDULA, M. C.; ROCHA, R. B.; TORRES, J. D.; CAMPANHARO, M.; PEGO, W. F. O.; *et al.* Genetic divergence based on leaf vegetative and anatomical traits of *Coffea canephora* clones. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 42, n. 5, p. 2717-2734, 2021.

BEAVIS, W.; LAMKEY, K.; MAHAMA, A. A. Multiple Trait Selection. *In*: SUZA, W. P.; LAMKEY, K. R. (Eds.). **Quantitative Genetics in Plant Breeding**. Ames, Iowa State University Digital Press, 2023. p.p.165-171.

BEGNA, T.; GICHILE, H.; YALI, W. Genetic Diversity and Its Impact in Enhancement of Crop Plants. **Global Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 2, p. 13-25, 2022.

BESPALHOK F. J. C.; GUERRA, E. P.; OLIVEIRA, R. Noções de Genética Quantitativa. *In*: BESPALHOK F. J. C.; GUERRA, E. P.; OLIVEIRA, R. **Melhoramento de Plantas**. Curitiba, FUPEF, 2009. p.p.11-18.

CARDOSO, W. S.; DIAS, S. R.; COELHO, V. S.; PEREIRA, L. L.; FIORESI, D. B.; PINHEIRO, F. A. Maillard reaction precursors and arabica coffee (*Coffea arabica* L.) beverage quality. **Food and Humanity**, v. 1, p. 1-7, 2023.

CHESEREK, J. J.; NGUGI, K.; MUTHOMI, J. W.; OMONDI, C. O.; KATHURIMA, C. W. Genetic variability and correlation of biochemical and sensory characteristics of coffee. **Journal of Agricultural Sciences**, v. 14, n. 2, p. 95-103, 2022.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de café**, Brasília, v.11, n. 2 segundo levantamento, 2024.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Série histórica das safras: Café Conilon**, Brasília, 2024. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/896-cafe-conilon>>. Acesso em 18 de julho de 2024.

CRUZ, C. D. **Programa Genes – Biometria**. 1ed. Viçosa, UFV, 2006. 668p.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 1 ed. Viçosa, UFV, 2014. v. 2, 668p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2 ed. Viçosa, UFV, 1997. 390p

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3.ed. Viçosa, UFV, v.1, 2004. 480p

DALAZEN, J. R.; DALAZEN, J. R.; REINICKE, L. C. T. S.; SILVA, G. S.; ESPINDULA, M. C.; ROCHA, R. B.; *et al.* Evolução da cafeicultura no estado de Rondônia: fatores ambientais na produção do café robusta amazônico. *In*: PARTELLI, F. L.; BONOMO, R.; PEREIRA, L. L (Org.). **CAFÉ CONILON: Qualidade na produção e do trabalhador**. São Mateus, ES: 2022. p.p.101-114.

DALAZEN, J. R.; ROCHA, R. B.; PEREIRA, L. L.; ESPINDULA, M. C.; ALVES, E. A.; SOUZA, C. A. Beverage quality of most cultivated *Coffea canephora* clones in the Western Amazon. **Coffee Science**, v. 15, e151711, 2020.

ELSTON, R. C. A weight-free index for the purpose of ranking or selection with respect to several traits at a time. **Biometrics**, v. 19, n. 1, p. 85-97, 1963.

ESPINDULA, M. C.; DALAZEN, J. R.; ROCHA, R. B.; TEIXEIRA, A. L.; DIOCLECIANO, J. M.; DIAS, J. R. M.; *et al.* **Robustas Amazônicas: os cafeeiros cultivados no estado de Rondônia**. Brasília, Embrapa, 2022. 144p.

ESPINDULA, M. C.; DIAS, J. R. M.; ROCHA, R. B.; DALAZEN, J. R.; ARAUJO, L.V. Café em Rondônia. In: PARTELLI, F. L.; GONTIJO, I. (Org.). **Café conilon: Gestão e Manejo com Sustentabilidade**. Alegre, ES: CAUFES, 2017. p. 83-102.

FALCONER, D.S.; MACKAY, T. F. C. 1996 **Introduction to Quantitative Genetics**. 4 ed. Longmans Green, Harlow, Essex, UK. 448p.

FERRÃO, R. G.; CRUZ, C. D.; FERREIRA, A.; CECON, P. R.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A. da; *et al.* Parâmetros genéticos em café Conilon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 1, p. 61–69, 2008.

FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; VOLPI, P. S.; VERDIN FILHO, A. C.; TÓFFANO, J. L.; *et al.* Cultivares de Café Conilon. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; MUNER, L. H. (Eds.). **Café Conilon**. 2ed. Vitória, INCAPER, 2017. p. 219-242.

FERREIRA, W. P. M.; RUFINO, J. L. dos S.; FONSECA, H. P.; QUEIROZ, D. M.; FERNANDES FILHO, E. I.; RIBEIRO, M. F.; *et al.* Mapping the mountainous climate in the Matas de Minas region, Brazil which influences the top-quality coffee beverages. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 12, e261111233776, 2022.

FONSECA, A. F. A. de; VERDIN FILHO, A. C.; VOLPI, P. S.; MAURI, A. L. FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; *et al.* Jardins Clonais, Produção de Sementes e Mudanças de Café Conilon. In: FERRÃO, G. R.; FONSECA, A. F. A. de; FERRÃO, M. A. G.; De MUNER, L. H. **Café Conilon**. 2 ed. Vitória, INCAPER, 2017. p.p. 243-264.

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

GETANEH, E.; FANTA, S. W.; SATHEESH, N. Effect of Broken Coffee Beans Particle Size, Roasting Temperature, and Roasting Time on Quality of Coffee Beverage. **Journal of Food Quality**, v. 2020, p. 1-15, 2020.

GONÇALVES, M. C.; FRITSCHÉ-NETO, R. **Biometria no melhoramento de plantas: com exemplos numéricos e de programação no R**. UFGD / LSU Ag Center, 2023. 602p.

HAZEL, L.N. The genetics basics for constructing selections indexes. **Genetics**, v. 28, p. 476-490, 1943.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017**. Disponível em: < [https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo\\_agro/resultadosagro/index.html](https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/index.html)>. Acesso em 05 de julho de 2024.

ICO. Internacional Coffee Organization. **Coffee report and outlook**. 2023. Disponível em: <[https://icocoffee.org/documents/cy2023-24/Coffee\\_Report\\_and\\_Outlook\\_December\\_2023\\_ICO.pdf](https://icocoffee.org/documents/cy2023-24/Coffee_Report_and_Outlook_December_2023_ICO.pdf)>. Acesso em 05 de julho de 2024.

IDARON - Agência de Defesa Sanitária Agrosilvopastoril do Estado de Rondônia. **Mudas de café de qualidade em Rondônia estão livres de nematoide, garante Agência Idaron**. IDARON, 2018. Disponível em: <<http://www.idaron.ro.gov.br/index.php/2018/08/22/mudas-de-cafe-de-qualidade-em-rondonia-estao-livres-de-nematoide/>>. Acesso em: dez. 2022.

IVOGLO, M. G.; FAZUOLI, L. C.; OLIVEIRA, A. C. B.; GALLO, P. B.; MISTRO, J. C.; SILVAROLLA, M. B.; *et al.* Divergência genética entre progênies de café robusta. **Bragantia**, v. 67, n. 4, p. 823–831, 2008.

JACQUARD, A. Heritability: one word, three concepts. **Biometrics**, v. 39, n. 2, p. 465-477, 1983.

MACHADO, J. L.; TOMAZ, M. A.; LUZ, J. M. R.; OSÓRIO, V. M.; COSTA, A. V.; COLODETTI, T. V.; *et al.* Evaluation of genetic divergence of coffee genotypes using the volatile compounds and sensory attributes profile. **Journal of Food Science**, v. 87, p. 383–395, 2022.

MARTINS, M. Q.; PARTELLI, F. L.; GOLYNSKI, A.; PIMENTEL, N. S.; FERREIRA, A.; BERNARDES, C. O.; *et al.* Adaptability and stability of *Coffea canephora* genotypes cultivated at high altitude and subjected to low temperature during the winter. **Scientia Horticulturae**, v.59, p. 238–242, 2019.

MORAES, M. S.; ROCHA, R. B.; TEIXEIRA, A. L.; ESPINDULA, M. C.; SILVA, C. A.; LUNZ, A. M. P. Adaptability and stability of *Coffea canephora* Pierre ex Froehner genotypes in the Western Amazon. **Ciência Rural**, v. 50, n. 1, e20190087, 2020.

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

NOWAK, M. D.; DAVIS, A. P.; ANTHONY, F.; YODER, A.D. Expression and trans-specific polymorphism of self-incompatibility RNases in *Coffea* (Rubiaceae). **PloS One** v. 6, e21019, 2011.

OLIVEIRA, L. B.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. Alternative procedures for parent choice in a breeding program for common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Brazilian Journal of Genetics**, v. 19, n. 4, p. 611-615, 1996.

REINICKE, Larissa Cristina Torrezani Starling. **Alterações biométricas e nutricionais de genótipos de *Coffea canephora* ‘Conilon BRS Ouro Preto’ submetidos a disponibilidades hídricas**. 2017. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2017.

ROCHA, R. B.; TEIXEIRA, A. L.; RAMALHO, A. R.; SOUZA, F. F. Melhoramento de *Coffea canephora* - considerações e metodologias. In: MARCOLAN, A. L.; ESPINDULA, M. C. (Eds.). **Café na Amazônia**. Brasília, Embrapa, 2015. p.p. 99-126.

ROCHA, R. B.; VIEIRA, D. S.; RAMALHO, A. R.; TEIXEIRA, A. L. Caracterização e uso da variabilidade genética de banco ativo de germoplasma de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner. **Coffee Science**, v. 8, n. 4, p. 478-485, 2013.

RONQUIM, C. C.; ROCHA, N. C. V.; ALVES, E. A. **Levantamento e mapeamento do uso e cobertura da terra com ênfase nas áreas cafeeiras da região das Matas de Rondônia**. Campinas: Embrapa Territorial, 2024. 79p. (Documentos 155).

RUDNICK, V. A. S.; VIEIRA JUNIOR, J. R.; FERNANDES, C. F.; ROCHA, R. B.; TEIXEIRA, A. L.; RAMALHO, A. R.; *et al.* Resistance of new *Coffea canephora* clones to root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) in the Western Amazon. **Coffee Science**, v. 15, e151708, 2020.

SANTOS, T. R. S.; SILVA, R. G. C. Cafeicultura em Rondônia: Circuito Espacial de Produção, Modernização e Subordinação. **Geografia (Londrina)**, v. 26, n. 2, p. 145-163, 2017.

SANTOS, T. R. S.; SILVA, R. G. C. Modernização e as regiões do café em Rondônia. **Acta Geográfica**, v.15, n. 38, p. 124-147, 2021.

SMITH, H.F. A discriminant function for plant selection. **Annual of Human Genetics**, v. 7, p. 240-250, 1936.

SOUSA, P. G. F. **Café: explorando a diversidade genética em *Coffea Canephora* por meio de marcadores moleculares**. Ponta Grossa, Atena, 2024. 56p.

SOUZA, C. A. de; ROCHA, R. B.; ALVES, E. A.; TEIXEIRA, A. L.; DALAZEN, J. R.; FONSECA, A. F. A. da. Characterization of beverage quality in *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner. **Coffee Science**, v. 13, n. 2, p. 210–218, 2018.

SOUZA, F. F.; FERRÃO, L. F. V.; CAIXETA, E. T.; SAKIYAMA, N. S.; PEREIRA, A. A.; OLIVEIRA, A. C. B. Aspectos gerais da biologia e da diversidade genética de *Coffea canephora*. In: MARCOLAN, A. L.; ESPINDULA, M. C. (Eds.). **Café na Amazônia**. Brasília, Embrapa, 2015. p.p. 83-98.

VELÁSQUEZ, S.; BANCHÓN, C. Influence of pre-and post-harvest factors on the organoleptic and physicochemical quality of coffee: a short review. **Journal of Food Science and Technology**, v. 60, n, 10, p. 1-13, 2022.

VERDIM FILHO, A. C.; VOLPI, P. S.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; FREITAS, S. J.; *et al.* **Produção de mudas clonais de cafeeiro: Avanços na padronização dos cortes e dimensões de estacas**. Documentos nº286, Incaper, 2022, 8p. Disponível em: < <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/4105/1/DOC286-mudasclonaiscafeeiro-Incaper.pdf>>. Acesso em 05 de julho de 2024.

VIÇOSI, D. B.; ZANDONADI, C. U.; GUARÇONI, R. C.; MARTINUZZO, M. B.; ALIXANDRE, F. T.; KROHLING, C. A.; *et al.* Importância da melhoria da qualidade do café arábica para a sustentabilidade de propriedades agrícolas. **Incaper em Revista**, v. 13 e 14, p. 57-70, 2023.

## Capítulo I

O capítulo 1, foi publicado na forma de artigo no periódico *InterSciencePlace* v.18, n.3, 2023.

# DIVERGÊNCIA GENÉTICA DOS ATRIBUTOS SENSORIAIS DE CLONES DE *Coffea canephora* CULTIVADOS NA AMAZÔNIA OCIDENTAL

## GENETIC DIVERGENCE OF THE SENSORY PROPERTIES OF *Coffea canephora* CLONES GROWN IN THE WESTERN AMAZON

### Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade de bebida de genótipos do cafeeiro *Coffea canephora* cultivados em dois ambientes contrastantes da Amazônia Ocidental. Foram avaliados 15 clones comercializados em domínio público nos ambientes de Porto Velho e São Felipe d'Oeste, Rondônia. A classificação da bebida foi realizada conforme o Protocolo de Degustação de Robusta Finos que quantifica a qualidade a partir de nota que varia de 0 a 100 pontos, destacando as nuances dos clones. O desempenho dos clones em diferentes ambientes foi analisado considerando análises de variância simples e conjunta, estimativas de parâmetros genéticos e a dispersão no plano dos valores genéticos. Observou-se efeito significativo da interação genótipo x ambientes, o que indica que os clones apresentaram desempenho diferenciado entre os ambientes cultivados. Estimativas dos parâmetros genéticos indicaram boa condução experimental e predomínio do efeito genotípico na expressão dos atributos sensoriais. Dez genótipos apresentaram notas acima de 80 pontos e, portanto, foram classificados como Robustas Finos. Os demais clones foram classificados como de bebida muito boa com notas superiores a 76 pontos. Os clones AS7, AS1, N8(G8), L1, R152, AS5, LB15 e R152 apresentaram maior adaptabilidade e estabilidade tendo sido avaliados com notas acima de 80 pontos nos dois ambientes. Os clones WP6, GB7, N16 e R22 apresentaram menor previsibilidade de desempenho tendo apresentado nota acima de 80 pontos em apenas um dos ambientes avaliados. Já os clones AR106 e N13 se caracterizaram pela maior estabilidade e menor adaptabilidade, tendo apresentado notas abaixo de 80 pontos nos dois ambientes avaliados. Os clones estudados apresentaram ampla variabilidade genética, sendo possível selecionar clones com desempenho superior para a qualidade de bebida.

**Palavras-chave:** Conilon; Robusta; Teste de xícara; Robustas Finos

### Abstract

The aim of this study was to evaluate the beverage quality of coffee beans from genotypes of *Coffea canephora* grown in two contrasting environments of the Western Amazon. We evaluated 15 commercially grown clones in the public domain in the environments of Porto Velho and São Felipe d'Oeste, Rondônia. The beverages were classified following the Fine Robusta Cupping Protocol (Protocolo de Degustação de Robusta Finos) that quantifies quality using a score ranging from 0 to 100 points,

highlighting the nuances of the clones. The performance of the clones in different environments was analyzed considering simple and combined analyses of variance, estimates of genetic parameters, and scattering on the plot of genetic values. A significant effect of the genotype  $\times$  environment interaction was observed, which indicates that the clones had differentiated performance in the growing environments. Estimates of the genetic parameters indicated that the experiment was well conducted and the predominance of the genotype effect on expression of sensory attributes. Ten genotypes had scores higher than 80 points and were therefore classified as Fine Robustas. The other clones were classified as very good beverages, with scores higher than 76 points. The clones AS7, AS1, N8(G8), L1, R152, AS5, LB15, and R152 had greater adaptability and stability, and they were evaluated with scores higher than 80 points in both environments. The clones WP6, GB7, N16, and R22 had lower predictability of performance and had scores higher than 80 points in only one of the environments evaluated. The clones AR106 and N13 were characterized by greater stability and less adaptability and had scores below 80 points in the two environments evaluated. The clones studied had wide genetic variability, and it was possible to select clones with superior performance for beverage quality.

**Keywords:** Conilon, Robusta, cupping, Fine Robustas

## 1. INTRODUÇÃO

A cafeicultura de Rondônia passou por um processo de intensa transformação, fundamentada na utilização de mudas propagadas vegetativamente por meio de estaquia (clonagem), a partir de plantas matrizes de *Coffea canephora* selecionadas nas lavouras comerciais. Esta fase, intensificada a partir da década de 2010, é caracterizada pela substituição de lavouras de origem seminíferas por lavouras clonais. Por essa peculiaridade na forma de propagação, a fase atual da cafeicultura do estado de Rondônia ficou popularmente conhecida como cafeicultura clonal (ESPINDULA *et al.*, 2022).

Com a adoção do processo de clonagem para a propagação vegetativa do cafeeiro, intensificou-se o processo de seleção genotípica, também realizada pelos próprios cafeicultores de forma empírica, em suas lavouras. Entre os anos de 2005 e 2018 estimativas de ganho com a seleção de -19,19 a 127,70% foram observadas em ensaios clonais realizados em diferentes ambientes da Amazônia Ocidental (ROCHA *et al.*, 2021).

Esses genótipos selecionados por agricultores, juntamente com cultivares desenvolvidas pela Embrapa, passaram a ser produzidos em escala comercial, alcançando a marca de aproximadamente 85 milhões de mudas produzidas entre os anos de 2016 e 2021. Atualmente estes genótipos estão amplamente distribuídos em lavouras ao longo do estado, estando presente em quase todos os municípios rondonienses (IBGE, 2022).

Os clones cultivados na Amazônia Ocidental se caracterizam pela sua natureza híbrida, resultado da polinização entre plantas das variedades botânicas Conilon e Robusta. Os híbridos

se destacam por apresentar características positivas de ambas às variedades botânicas. As plantas geralmente apresentam porte menor que as plantas de robustas, porém mais vigorosas que as dos conilons; as hastes são menos flexíveis, portanto, menos sujeitas ao tombamento das hastes que os conilons e muitas delas apresentam tolerância à ferrugem-alaranjada-do-cafeeiro, doença comum na variedade botânica Conilon, mas, pouco expressiva em Robustas (OLIVEIRA *et al.*, 2018).

As plantas de cada uma dessas variedades botânicas se caracterizam por apresentar características agronômicas complementares e qualidade da bebida diferenciada (VIENCZ *et al.*, 2023). Estudando as variedades botânicas Conilon, Robusta e híbridos intervarietais, Souza *et al.* (2018) observaram que 78% das amostras de Conilon foram classificadas como bebidas neutras, 15% como frutadas, 4% como exóticas, 1% como finas e 2% como suaves; já para a variedade botânica Robusta e para os híbridos somente 50% e 67% das amostras foram classificadas como neutras, respectivamente.

Um dos primeiros trabalhos a estudar a qualidade da bebida entre plantas das variedades botânicas observou que 14% dos genótipos da variedade botânica Conilon e 50% da variedade botânica Robusta apresentavam café encorpado (VENEZIANO, 1993). Souza *et al.*, 2018, observaram que até 80% da variabilidade dessa característica pode ser de natureza genotípica, e que a variedade Robusta apresenta maior percentual de bebida classificada como fina em comparação com a variedade botânica Conilon.

Em um estudo em que foram avaliados 10 cultivares de *C. canephora* em seis ambientes contrastantes na Amazônia Sul Ocidental, nos estados do Acre e em Rondônia, Morais *et al.*, 2021 observaram efeitos significativos da interação genótipos x ambientes. Neste estudo, o genótipo com maior média na avaliação dos atributos sensoriais pelo Protocolo de Degustação de Robustas Finos apresentou nota de 83,8 pontos enquanto o genótipo de menor nota apresentou 74,8 pontos.

O desempenho diferencial das plantas cultivadas em diferentes ambientes pode ser definido como interação genótipo x ambiente (GxA), e sua relevância para o melhoramento do cafeeiro *C. canephora* faz com que sejam fundamentais avaliações em diferentes ambientes (TEIXEIRA *et al.*, 2020).

Os efeitos significativos da interação G x A são resultado da relação não aditiva dos efeitos de genótipo e de ambiente, causada pela mudança do desempenho das plantas em diferentes locais (CRUZ, 2001; RESENDE, 2002). Altitude, temperatura e fertilidade do solo são fatores que podem influenciar tanto positivamente quanto negativamente na qualidade da bebida (ALVES, *et al.*, 2011). Em lavouras com diferentes altitudes, Pereira *et al.* (2020) observaram que em maiores altitudes as bebidas de café apresentaram notas máximas e atributos de sabor

como caramelo, açúcar mascavo, frutado, amêndoa, damasco, doce intenso, bala de coco e frutado, além de acidez viva; já as menores altitudes produziram café com notas inferiores e atributos desagradáveis, como sabor amadeirado e herbal.

Nesse contexto, objetivou-se com este estudo quantificar a interação genótipo x ambiente da qualidade de bebida de genótipos de *C. canephora* em diferentes ambientes da Amazônia Ocidental para fornecer suporte para a seleção de plantas e estudos de desenvolvimento de novas cultivares.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Experimentos em campo

Os genótipos de *C. canephora* estudados neste trabalho são comercializados em domínio público, selecionados pelos cafeicultores do estado de Rondônia, estão entre os clones mais cultivados nas lavouras rondonienses. Os genótipos se caracterizam como plantas híbridas que apresentam características das variedades botânicas Conilon e Robusta (ESPINDULA, 2022)<sup>1</sup>. (Tabela 1).

As amostras experimentais foram coletadas na safra 20/21 em lavouras localizadas nos municípios de São Felipe d'Oeste- RO e Porto Velho - RO. No ambiente de São Felipe d'Oeste a lavoura está localizada em propriedade rural a altitude de 276 metros, com coordenadas geográficas S 11° 53' 24" de latitude e O 61° 26' 25" de longitude e precipitação média anual de 1880,5 mm durante o período experimental.

***Tabela 1 - Relação dos genótipos de Coffea canephora utilizados para avaliação da interação genótipo × ambiente para os atributos sensoriais dos grãos torrados e moídos.***

| Responsável pela Seleção        | Município               | Clone |
|---------------------------------|-------------------------|-------|
| Laerte Braun                    | Alto Alegre dos Parecis | LB15  |
|                                 |                         | R22   |
|                                 |                         | LB80  |
| Vanderley Peter                 | Cacoal                  | WP6   |
| Gilberto Boone e Izaías Volkart | Alto Alegre dos Parecis | GB7   |
| Ademir Rosa e Alcides Rosa      | Rolim de Moura          | L1    |
| Audiney Raasch                  | São Miguel do Guaporé   | AR106 |
| Ademar Schmidt                  | Alta Floresta D'Oeste   | AS1   |
|                                 |                         | AS5   |
|                                 |                         | AS7   |

<sup>1</sup>Dados de marcadores moleculares farão parte de uma publicação específica, ainda em fase de redação pelo grupo de pesquisa.

|                    |                       |                      |
|--------------------|-----------------------|----------------------|
| Ronaldo G Oliveira | Alta Floresta D'Oeste | R152                 |
| Nivaldo Ferreira   | Cacoal                | N13<br>N16<br>N8(G8) |

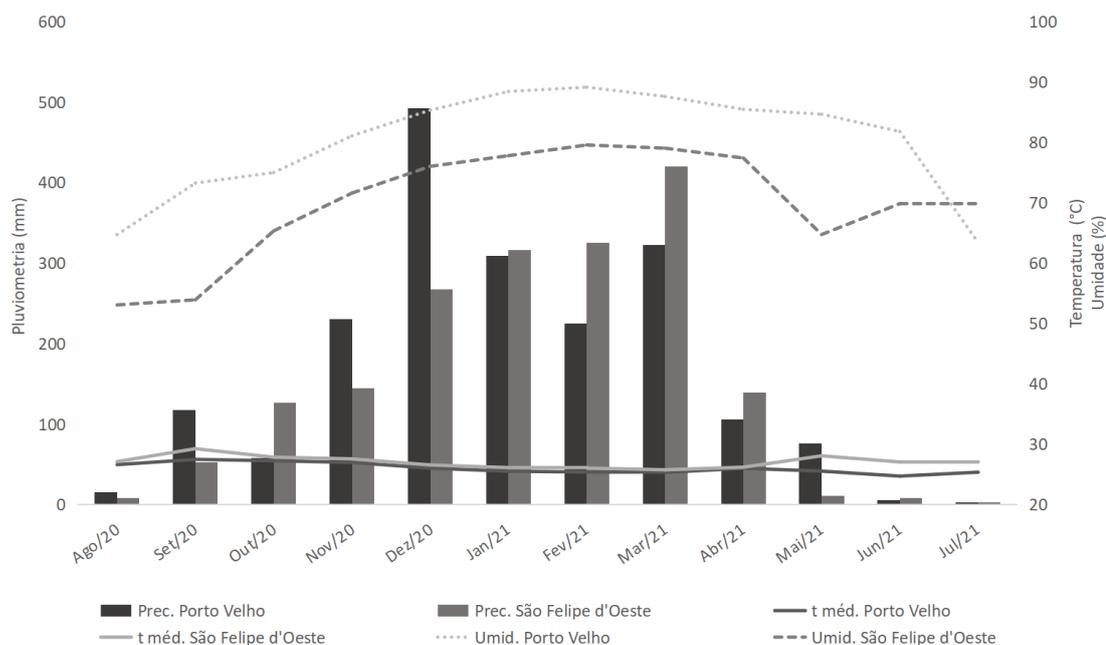
No ambiente de Porto Velho a lavoura está localizada no campo experimental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA a altitude de 88 metros, com coordenadas geográficas S 8° 48' 05.5" e W 63° 51' 02.7" e precipitação média anual de 2193,8 mm durante o período experimental. As propriedades químicas dos solos das lavouras experimentais são apresentadas na tabela 2.

**Tabela 2 - Propriedades químicas do solo na camada de 0-20cm das lavouras experimentais de Porto Velho e São Felipe D'Oeste.**

| Ambientes                          | pH   | P<br>mg.dm <sup>-3</sup> | K        | Ca   | Mg   | H+Al<br>cmol.dm <sup>-3</sup> | Al   | M.O.<br>g.kg <sup>-1</sup> | V<br>% |
|------------------------------------|------|--------------------------|----------|------|------|-------------------------------|------|----------------------------|--------|
| Porto Velho <sup>1</sup>           | 5,4  | 2,0                      | 0,0<br>9 | 1,48 | 1,02 | 13,53                         | 0,87 | 51,0                       | 16,0   |
| São Felipe<br>D'Oeste <sup>2</sup> | 5,69 | 46,7                     | 0,4      | 2,0  | 1,0  | 5,9                           | 1,2  | 27,0                       | 37,0   |

<sup>1</sup> pH em água; M.O. por digestão úmida; P e K por Melich; Ca, Mg e Al trocáveis, M.O.: material orgânico usando 1 mol KCl; <sup>2</sup>pH em água; M.O. por oxidação; Ca, K, e Mg por resina; P por Melich; Al por KCl.

Em ambas a localidades o clima é caracterizado como 'Am' pela classificação de Köppen, portanto, tropical úmido (ALVARES *et al.*, 2013) (Figura 1). Os ensaios foram instalados em delineamento de blocos ao acaso com três repetições. As lavouras foram conduzidas seguindo as recomendações propostas por Marcolan e Espindula (2015) para o estado de Rondônia.



**Figura 1. Precipitação, umidade e temperatura média nas lavouras de Porto Velho e São Felipe d'Oeste durante a safra 20/21.**

## 2.2 Coleta de amostras e análises sensoriais

Os frutos foram coletados quando atingiram o estágio de maturação M3, denominado cereja considerando o ciclo de maturação de cada clone. No momento da coleta, os frutos foram lavados para eliminação de frutos passados e mal granados, além da remoção de impurezas e frutos verdes. Os frutos então foram secos ao ar livre em peneira suspensa até atingirem a umidade de 12%.

Concluído o processo de secagem, as amostras foram beneficiadas (descascadas em descascador de renda), separadas em pacotes contendo 500g e encaminhadas para a realização das análises sensoriais.

A análise sensorial das amostras foi realizada no Laboratório de Análise e Pesquisa em Café (LAPC) do Instituto Federal do Espírito Santo, campus Venda Nova do Imigrante, por cinco juízes/degustadores (R Grader), de acordo com o método internacional de classificação de bebidas para *C. canephora*, o Robusta Cupping Protocol do Coffee Quality Institute - CQI (UCDA, 2010).

O processo de torrefação do café foi realizado em torrefador Laboratto, modelo TGP-2, por cerca de 10 minutos a  $190 \pm 10^\circ\text{C}$ . A torra foi monitorada por um conjunto de discos Agron-SCA, e o ponto de torra das amostras foi entre as cores determinadas pelos discos nº 65 e nº 55, para cafés especiais (Specialty Coffee Association of América [SCAA], 2014).

Em seguida, foram moídos em moinho elétrico Bunn, modelo G3 com granulometria média/grossa. Cinco xícaras de cada lote de café foram degustadas, utilizando uma

concentração de 0,008 kg de café moído em 150 mL de água, de acordo com o ponto médio do gráfico de equilíbrio (SCAA, 2014). O ponto de infusão de água ocorreu após a água atingir 92,2 - 94,4°C. Os provadores (juízes/degustadores) iniciaram as avaliações quando a temperatura do copo atingiu 55°C, respeitando o tempo de 4 minutos para degustação após a infusão.

Os atributos avaliados foram fragrância, sabor, acidez, amargor, paladar, equilíbrio, retrogosto, uniformidade da xícara, limpeza da xícara e atributos gerais (UCDA, 2010). A qualidade final da bebida foi pontuada a partir da soma de cada pontuação de atributo avaliada individualmente, em uma escala que varia de 0 a 10.

### 2.3 Análise dos dados

Foram realizadas análises de variância individuais e conjunta para quantificar a significância dos efeitos de ambientes, de genótipos e da interação genótipos x ambientes (GxE), de acordo com o modelo descrito por Cruz *et al.* (2014) (Equação 1):

$$Y_{ijk} = m + G_i + A_j + GA_{ij} + E_{ijk} \quad (1)$$

onde  $Y_{ijk}$  refere-se à qualidade de bebida do  $i^{\text{th}}$  genótipo no  $j^{\text{th}}$  ambiente na  $k^{\text{th}}$  repetição;  $m$  é a média experimental;  $G_i$  é o efeito do  $i^{\text{th}}$  genótipo (clone);  $A_j$  é o efeito do  $j^{\text{th}}$  ambiente;  $GA_{ij}$  é o efeito da interação entre o  $i^{\text{th}}$  genótipo e o  $j^{\text{th}}$  ambiente; e  $E_{ijk}$  é o erro experimental.

Para quantificar a contribuição dos ambientes no desempenho dos genótipos foi considerado o índice de qualidade ambiental ( $I_j$ ), estimado de acordo com a seguinte expressão (EBERHART e RUSSELL, 1966) (Equação 2):

$$I_j = \bar{y}_j - \bar{y} \quad (2)$$

Onde  $I_j$  é o índice de classificação ambiental;  $\bar{y}_j$  é a média geral dos genótipos no  $j^{\text{th}}$  ambiente; e  $\bar{y}$  é a média geral dos genótipos em todos os ambientes. O índice classifica o ambiente como favorável se  $I_j$  for maior ou igual a zero ou desfavorável se  $I_j$  for negativo. As análises foram realizadas utilizando o software GENES (CRUZ *et al.*, 2014).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A expressão da qualidade da bebida é influenciada por fatores genéticos e ambientais tais como, os tratos culturais e às condições edafoclimáticas (PEREIRA *et al.*, 2020; SIMMER *et al.*, 2022). De maneira geral ambientes de alta altitude e baixa temperatura, influenciam positivamente na qualidade da bebida do café, uma vez que proporcionam amadurecimento tardio do fruto,

favorecendo o acúmulo de açúcar e conseqüentemente melhoria da bebida (AHMED *et al.*, 2021; PEREIRA *et al.*, 2020; VELÁSQUEZ *et al.*, 2022).

Os ambientes de Porto Velho e São Felipe d'Oeste apresentam diferentes características de solo e clima (Tabela 2 e Figura 1). Os resultados da análise química do solo nestes ambientes mostraram que ambos possuem valores de pH próximos, com maior disponibilidade de fósforo e potássio em São Felipe d'Oeste. Nestes ambientes, os maiores teores desses macronutrientes estão também associados à sua maior disponibilidade para a planta, com uma saturação de bases de 37%. Embora o solo em Porto Velho tenha apresentado maior conteúdo de matéria orgânica, também se observa sua maior acidez potencial (H+Al) em comparação ao ambiente de São Felipe d'Oeste (Tabela 2).

Com relação ao clima, em Porto Velho houve precipitação mensal acima de 100 mm nos meses de setembro a abril, com exceção do mês de outubro, sendo dezembro o mês com maior índice pluviométrico, com 492 mm. Por sua vez em São Felipe d'Oeste a precipitação acima de 100 mm mensais aconteceu nos meses de outubro a abril, com destaque para o mês de março com 420 mm. As temperaturas médias, em Porto Velho e em São Felipe d'Oeste, apresentaram valores bem próximos, com médias oscilando entre 24,7 - 27,5°C e 25,8 - 29,2°C, respectivamente. Maiores diferenças podem ser vistas em relação à umidade nestes ambientes, com valores em Porto Velho oscilando ao longo do ano entre 63,4 - 89,1% e em São Felipe D'Oeste entre 53,1 - 79,5%.

As estimativas do coeficiente de variação experimental (CVe) indicam boa condução dos experimentos nos ambientes avaliados (Tabela 3). Os coeficientes de variação experimental (CVe) podem ser considerados baixos (CV < 20%) e indicam a realização apropriada dos procedimentos pós-colheita nos ambientes avaliados (Tabela 4). Dalazen *et al.* (2020) e Souza *et al.* (2018) ao estudarem a qualidade de bebida de diferentes clones de *C. canephora* obtiveram estimativas de coeficiente de variação de 1,45 a 2,17% e 12,1 a 15,69%, respectivamente.

**Tabela 3 – Médias da nota final de qualidade de bebida e resumo da análise de variância individual para os ambientes São Felipe D'Oeste e Porto Velho.**

| Ambiente           | NF <sub>méd</sub> | NF <sub>máx</sub> | NF <sub>mín</sub> | I <sub>j</sub> | CV%  | H <sup>2</sup> | F    |
|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------|------|----------------|------|
| São Felipe D'Oeste | 80,25             | 83,63             | 76,67             | -0,02          | 2,46 | 0,85           | 6,52 |
| Porto Velho        | 80,28             | 83,79             | 74,83             | 0,02           | 3,11 | 0,80           | 5,09 |

NF<sub>méd</sub>: nota final média; NF<sub>máx</sub>: nota final máxima; NF<sub>mín</sub>: nota final mínima; I<sub>j</sub>: índice de qualidade ambiental; CV%: coeficiente de variação; H<sup>2</sup>: coeficiente de determinação genotípico; F: estimativa do teste F.

Por não terem sido interpretados como uma amostra de uma população de plantas, e sim como fatores individuais os genótipos foram considerados como efeitos fixos. O coeficiente de determinação genotípico ( $H^2$ ) refere-se à relação entre as estimativas de variância genotípica e fenotípica quando os efeitos são fixos. Nas análises individuais as estimativas superiores a 0,80 indicam predominância da variância de natureza genotípica na expressão dessa característica (Tabela 3).

**Tabela 4 –Resumo da análise de variância conjuntas para 14 genótipos e dois ambientes, São Felipe d’Oeste e Porto Velho.**

| Parâmetros genéticos                             | Valor              |
|--|--------------------|
| Teste F (genótipo)                               | 1,33 <sup>ns</sup> |
| Teste F (ambiente)                               | 0,17 <sup>ns</sup> |
| Teste F (Interação GxE)                          | 4,83 <sup>**</sup> |
| Média  | 80,28              |
| Variância genotípica (Vg)                        | 0,68               |
| Variância da interação GxE (Vga)                 | 3,03               |
| Variância residual (Vres)                        | 5,065              |
| Coeficiente de determinação genotípica ( $H^2$ ) | 24,98              |
| Correlação intraclasse (r)                       | 7,74               |
| Coeficiente da variação genética (CVg)           | 1,03               |
| Coeficiente de variação (CVe)                    | 2,80               |
| Razão CVg/CVe                                    | 0,37               |

<sup>ns</sup> - não-significativo; <sup>\*\*</sup> - significativo a 1% de probabilidade.

Estimativas de  $H^2$  variando entre 0,69 a 0,96 foram observadas por Rodrigues *et al.* (2012) na produtividade de café beneficiado em clones de maturação precoce, intermediário e tardio no Espírito Santo. Nesta mesma região, Ferrão *et al.* (2008) também relataram estimativas de magnitudes moderadas. Essas estimativas dependem dos materiais genéticos avaliados e do efeito do ambiente na expressão da característica estudada (FALCONER, 1987).

O índice de qualidade ambiental (Ij), definido como o contraste entre a média de cada ambiente e a nota final média de todos os ambientes foi utilizado para classificar os ambientes em favoráveis ou desfavoráveis para a qualidade da bebida (MOURA *et al.* 2014). Esse contraste indica uma pequena diferença entre os ambientes, resultado do desempenho similar dos clones nesses dois locais (Ij = +- 0,02).

Mendes e Marcolan (2015), ao fazerem o zoneamento pedoclimático para a cultura do café no estado de Rondônia, destacam que a temperatura média no estado de Rondônia não é

limitante e se mantém na faixa de 22 °C a 26 °C, sendo apenas o fator hídrico considerado limitante em algumas regiões, no entanto, com o uso de irrigação todas as regiões do estado passam a se tornar aptas ao cultivo de café. Embora o ambiente de Porto Velho – RO apresente menor fertilidade natural, conforme esta classificação o ambiente de Porto Velho é considerado mais favorável para o cultivo de cafeeiro em comparação a São Felipe d'Oeste. Dessa forma, pode-se observar que as condições ambientais encontradas na lavoura de Porto Velho e na lavoura de São Felipe d'Oeste conferiram semelhantes médias de nota final, com apenas 0,04 pontos de diferença (Tabela 3).

A interação entre genótipos e ambientes foi significativa a 1% de probabilidade (Tabela 4). O desempenho diferenciado dos clones de *C. canephora* em distintos ambientes denomina-se interação genótipo x ambiente (G X A), entendida como a alteração no desempenho relativo dos genótipos em diferentes locais, devido a variações edáficas, climáticas, de manejo, entre outras, que devem ser consideradas na seleção de plantas (CHENG *et al.*, 2016).

A influência ambiental na qualidade de bebida de café pode ser tão significativa que o termo *terroir*, usado na enologia para descrever um conjunto de fatores que influenciam no sabor final da bebida (dentre os quais destacam-se, principalmente, os ambientais), tem sido usado com frequência em referência a bebidas de café. Filete *et al.* (2022), estudando o *terroir* de *Coffea canephora* do sudoeste brasileiro concluíram que a combinação de tipos de solo, precipitação, temperatura e altitude foi eficiente na caracterização do *terroir* e permitiu identificar alterações nos atributos sensoriais.

A interação genótipos x ambientes pode ser do tipo simples, quando os genótipos apresentam mudanças em seu desempenho, mas mantém seu ordenamento em relação às notas de qualidade da bebida; ou do tipo complexa quando a mudança de comportamento de um ambiente para o outro resulta em mudanças no ordenamento dos clones de maior qualidade em relação aos clones de menor qualidade da bebida.

Dos catorze genótipos avaliados, sete apresentaram notas acima de 80 pontos e dois apresentaram notas abaixo de 80 pontos nos dois ambientes. Estes genótipos se caracterizaram pela sua maior estabilidade com pequenas mudanças em seu ordenamento de um ambiente para o outro. Por sua vez os clones R22, LB80, N16, I7 e WP6 se caracterizam por apresentar interação genótipo x ambientes do tipo complexa, tendo apresentado notas acima de 80 pontos em um ambiente e menor do que 80 pontos no outro ambiente.

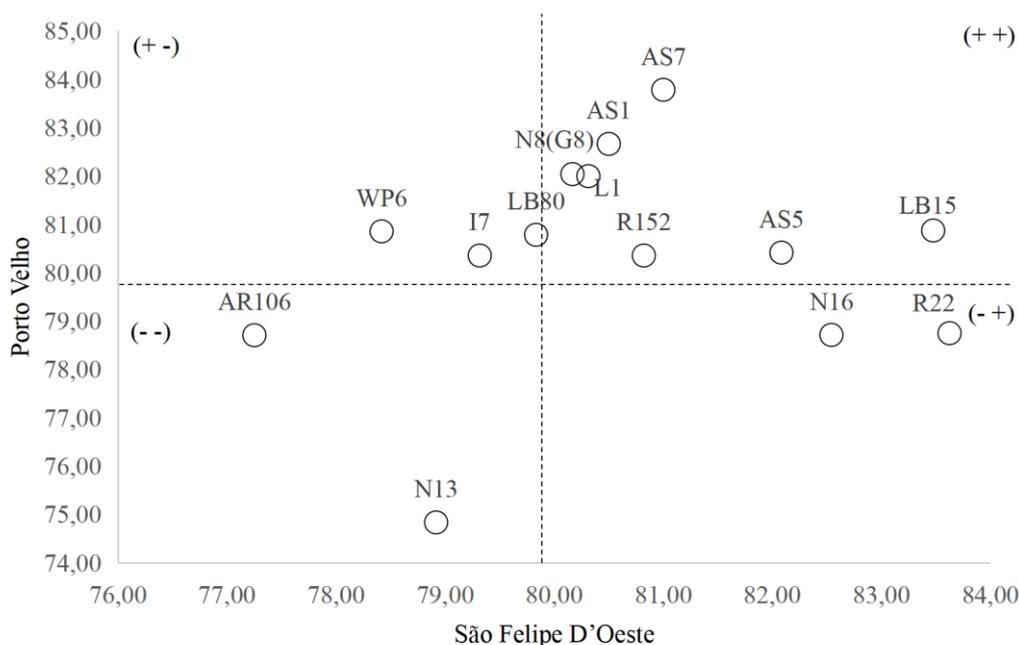
De maneira geral as estimativas dos parâmetros genéticos ( $H^2$ , CVg) apresentaram menores magnitudes na análise conjunta (Tabela 4), devido ao desempenho diferenciado dos clones, que resultaram em mudanças na classificação dos genótipos de um ambiente para o outro. (Tabela 5 e Figura 2).

**Tabela 5 - Pontuação média (0 a 100), média geral e classificação dos genótipos quanto aos atributos sensoriais dos grãos torrados e moídos, pelo Protocolo de Degustação de Robustas Finos.**

| Clones | São Felipe D' Oeste | Porto Velho | Média | Classificação |
|--------|---------------------|-------------|-------|---------------|
| AS7    | 81,00 Bb            | 84,67 Aa    | 82,84 | Fina          |
| LB15   | 83,48 Aa            | 80,88 Ba    | 82,18 | Fina          |
| AS1    | 80,50 Ab            | 82,67 Aa    | 81,59 | Fina          |
| AS5    | 82,08 Aa            | 80,42 Aa    | 81,25 | Fina          |
| L1     | 80,47 Ab            | 82,00 Aa    | 81,24 | Fina          |
| N8(G8) | 80,17 Ab            | 82,05 Aa    | 81,11 | Fina          |
| R22    | 83,63 Aa            | 78,43 Bb    | 81,03 | Fina          |
| R152   | 80,75 Ab            | 80,77 Aa    | 80,76 | Fina          |
| LB80   | 79,85 Ac            | 81,52 Aa    | 80,69 | Fina          |
| N16    | 82,55 Aa            | 77,67 Bb    | 80,11 | Fina          |
| I7     | 79,32 Ac            | 80,58 Aa    | 79,95 | Muito Boa     |
| WP6    | 78,42 Ac            | 80,58Aa     | 79,5  | Muito Boa     |
| AR106  | 77,25 Ac            | 78,72 Ab    | 77,99 | Muito Boa     |
| N13    | 78,92 Ac            | 75,00 Bc    | 76,96 | Muito Boa     |

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na HORIZONTAL e minúscula na VERTICAL, constituem grupo estatisticamente homogêneo

A nota média de qualidade de bebida para os clones estudados foi de 80,28 pontos, enquadrando-os na categoria de cafés especiais ( $\geq 80$  pontos) conhecidos como Robustas Finos, de acordo com a classificação da Organização Internacional do Café (OIC) (2010). A nota final média de qualidade de bebida dos clones variou de 76,96 a 82,84 pontos, o que evidencia o grande potencial destes genótipos para qualidade de bebida. Esses valores são próximos àqueles observados por Dalazen *et al.* (2020) e Morais *et al.* (2021), que obtiveram notas médias variando entre 75,7 a 79,0 pontos e 74,8 a 83,8 pontos, respectivamente, ao avaliarem diferentes genótipos em um número maior de ambientes.



**Figura 2 - Gráfico de dispersão da pontuação média (0 a 100) dos atributos sensoriais dos grãos torrados e moídos, pelo Protocolo de Degustação de Robustas Finos.**

A dispersão dos valores genotípicos para qualidade da bebida nos dois ambientes foi interpretada buscando identificar os genótipos de maior adaptabilidade e estabilidade, que também pode ser entendido como os clones que apresentam melhor desempenho e associado a maior previsibilidade em seu comportamento (Figura 2). Observando a dispersão das pontuações obtidas pelos genótipos em cada um dos ambientes pode-se observar a formação de quatro grupos.

No quadrante superior direito, os clones AS7, LB15, AS1, AS5, L1, N8(G8) e R152 compõem o grupo de genótipos que obtiveram bom desempenho em ambos ambientes, sendo a nota final de sua qualidade de bebida superior a 80 pontos em ambos os ambientes, o que confere a estes materiais a classificação de Robustas Finos.

À sua esquerda está o grupo composto pelos clones WP6, I7 e LB80, cujo desempenho na lavoura de Porto Velho foi superior à lavoura de São Felipe D'Oeste. Em Porto Velho esses clones tiveram desempenho satisfatório, com pontuação de bebida superior a 80 pontos, classificando-os como bebida especial, no entanto, na lavoura de São Felipe d'Oeste a nota final de bebida ficou abaixo da pontuação mínima exigida para a classificação de bebidas especiais, sendo apenas muito boa.

Abaixo, no quadrante inferior direito, os clones R22 e N16 formam o grupo cujo desempenho na lavoura de São Felipe d'Oeste foi superior à lavoura de Porto Velho. Em São Felipe d'Oeste estes clones receberam notas de qualidade de bebida superior a 80 pontos, ou

seja, são cafés especiais, por outro lado, em Porto Velho, obtiveram pontuação abaixo dos 80 pontos.

E, por fim, no quadrante inferior direito, os clones AR106 e N13 compõem o grupo cujo desempenho foi inferior nos dois ambientes estudados. Esses clones, apresentaram pontuação de qualidade de bebida inferior a 80 pontos em ambos ambientes, evidenciando que nas condições de cultivo estudadas não são cafés especiais.

Semelhantemente ao observado por Moraes *et al.* (2021), é possível observar que apesar de haver pouca diferença entre os ambientes estudados, os genótipos avaliados possuem significativa variabilidade genética, o que permite selecionar clones superiores para qualidade de bebida.

Assim, de maneira geral tem-se que 50% dos clones estudados apresentaram desempenho superior independente do ambiente estudado, 21,4% apresentaram melhor desempenho na lavoura de Porto Velho, 14,3% dos clones tiveram seu melhor desempenho na lavoura de São Felipe d'Oeste e 14,3% tiveram qualidade de bebida inferior aos demais independentemente da localidade de cultivo.

Na lavoura de Porto Velho houve a diferenciação de três grupos de clones quanto à nota final de qualidade de bebida, sendo que os clones AS7, LB15, AS1, AS5, L1, N8(G8), R152, LB80, I7 e WP6 compuseram o grupo de clones com desempenho superior, cuja nota de qualidade de bebida ficou acima de 80 pontos. Já na lavoura de São Felipe d'Oeste apesar de haver, também, a formação de três grupos, apenas os clones AS5, LB15 e N16 compuseram o grupo de clones com desempenho superior.

#### **4. CONCLUSÕES**

A interação entre genótipos e ambientes influenciou a qualidade de bebida dos clones estudados em ambos ambientes. Os clones AS7, LB15, AS1, AS5, L1, N8(G8) e R152 apresentaram desempenho superior a 80 pontos nos ambientes avaliados. Os clones AR106 e N13, independentemente do local de cultivo apresentaram desempenho inferior aos demais e os clones R22, LB80, N16, I7 e WP6 apresentaram instabilidade em seu desempenho. Assim, é possível concluir que os clones estudados apresentam significativa variabilidade genética, sendo promissores para seleção genotípica baseada em qualidade de bebida.

#### **5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AHMED, S.; *et al.* Climate change and coffee quality: Systematic review on the effects of environmental and management variation on secondary metabolites and sensory attributes of *Coffea arabica* and *Coffea canephora*. *Frontiers in Plant Science*, v. 12, 2021.

- ALVARES, C. A.; *et al.* Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVES, H. M. R.; *et al.* Características ambientais e qualidade da bebidas dos cafés do estado de Minas Gerais. *Informe Agropecuário*, v.32, n. 261, p. 18-29, 2011.
- CHENG, B.; *et al.* Influence of genotype and environment on coffee quality. *Trends in Food Science & Technology*, v. 57, p. 20-30, 2016.
- CRUZ, C. D. PROGRAMA GENES - versão Windows: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 2001. 648 p.
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: UFV, 3. ed. 2014. 668 p.
- DALAZEN, J. R.; *et al.* Beverage quality of most cultivated *Coffea canephora* clones in the Western Amazon. *Coffee Science*, v. 15, e151711, 2020.
- EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, v. 6, n. 1, p. 36-40, 1966.
- ESPINDULA, M. C.; *et al.* Robustas Amazônicas os cafeeiros cultivados em Rondônia. Brasília - DF: Embrapa, 1. ed., 2022. 144 p.
- FALCONER, D. S. Introdução à genética quantitativa. Viçosa: UFV, 1987. 279 p.
- FERRÃO, R. G.; *et al.* Parâmetros genéticos em café Conilon. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 43, n. 1, p. 61-69, 2008.
- FILETE, C. A.; *et al.* The new standpoints for the terroir of *Coffea canephora* from Southwestern Brazil: edaphic and sensorial perspective. *Agronomy*, v. 12, p. 1931, 2022.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística. Censo Agropecuário 2017, 2018. Disponível em: <[https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo\\_agro/resultadosagro/index.html](https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/index.html)>. Acesso em: ago. 2022.
- IDARON - Agência de Defesa Sanitária Agrosilvopastoril do Estado de Rondônia. Mudanças de café de qualidade em Rondônia estão livres de nematoide, garante Agência Idaron. *IDARON*, 2018. Disponível em: <<http://www.idaron.ro.gov.br/index.php/2018/08/22/mudas-de-cafe-de-qualidade-em-rondonia-estao-livres-de-nematoide/>>. Acesso em: dez. 2022.
- MARCOLAN, A. L.; ESPINDULA, M. C. (Eds.). Café na Amazônia. Brasília: Embrapa, 1. ed., 2015. 478 p.
- MENDES, A. M.; MARCOLAN, A. L. Solos e zoneamento pedoclimático. *In: Marcolan, A. L.; Espindula, M. C. (Eds.). Café na Amazônia. Brasília: Embrapa, 1. ed, p.55-81, 2015.*
- MORAIS, J. A.; *et al.* Beverage quality of *Coffea canephora* genotypes in the Western Amazon, Brazil. *Acta Scientiarum Agronomy*, v. 43, e52095, 2021.
- MOURA, W. M.; *et al.* Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de café no cultivo orgânico em Minas Gerais. *Ciência Rural*, v. 44, p. 1936-1942, 2014.
- OIC - Organização Internacional do Café. Robusta cupping protocols, 2010. Disponível em: <<http://www.ico.org/documents/pscb-123-p-robusta.pdf>>. Acesso em: dez. 2022.
- OLIVEIRA, L. N. L.; *et al.* Selection of *Coffea canephora* parents from the botanical varieties Conilon and Robusta for the production of intervarietal hybrids. *Ciência Rural*, v. 48, n. 4, 2018.
- PEREIRA, P.V.; *et al.* Effect of altitude and terrain aspect on the chemical composition of *Coffea canephora* cherries and sensory characteristics of the beverage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 101, p. 2570-2575, 2020.

- RESENDE, M. D. V. Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 975 p.
- ROCHA, R. B.; *et al.* *Coffea canephora* breeding: estimated and achieved gains from selection in the Western Amazon, Brazil. *Ciência Rural*, v. 51, p. 1-11, 2021.
- RODRIGUES, W. N.; *et al.* Estimativa de parâmetros genéticos de grupos de clones de café conilon. *Coffee Science*, v. 7, n. 2, p. 177-186, 2012.
- SCAA - Specialty Coffee Association of America. SCAA Protocols, 2014. Disponível em: <<http://www.scaa.org/PDF/resources/cupping-protocols.pdf>>. Acesso em: fev. 2023.
- SIMMER, M. M. B.; *et al.* Edaphoclimatic conditions and the soil and fruit microbiota influence on the chemical and sensory quality of the coffee beverage. *European Food Research and Technology*, v. 248, p. 2941–2953, 2022.
- SOUZA, C. A.; *et al.* Characterization of beverage quality in *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner. *Coffee Science*, v. 13, n. 2, p. 210-218, 2018.
- TEIXEIRA, A. L.; *et al.* Amazonian Robustas - new *Coffea canephora* coffee cultivars for the Western Brazilian Amazon. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v. 20, e323420318, 2020.
- UCDA - Uganda Coffee Development Authority. Robusta cupping protocols, 2010. Disponível em: <<https://www.coffeestrategies.com/wp-content/uploads/2014/03/Robusta-Cupping-Protocols.pdf>>. Acesso em: dez. 2022.
- VELÁSQUEZ, S.; *et al.* Effect of three post-harvest methods at different altitudes on the organoleptic quality of *C. canephora* coffee. *Beverages*, v. 8, n. 83, 2022.
- VENEZIANO, W. Avaliação de progênies de cafeeiros (*Coffea canephora* Pierre ex. Froehner) em Rondônia. Piracicaba, Tese (Doutorado em Agronomia) - ESALQ, 1993. 76 p.
- VIENCZ, T.; *et al.* Caffeine, trigonelline, chlorogenic acids, melanoidins, and diterpenes contents of *Coffea canephora* coffees produced in the Amazon. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 117, e105140, 2023.

## Capítulo II

O capítulo 2, foi publicado na forma de artigo no periódico *InterSciencePlace* v.19, n.18, 2024.

### **DIVERGÊNCIA GENÉTICA E ÍNDICES DE SELEÇÃO DOS ATRIBUTOS PRODUTIVOS DE CLONES DE *Coffea canephora* CULTIVADOS NA AMAZÔNIA OCIDENTAL**

#### **Resumo**

A seleção genética, especialmente por meio da seleção clonal de *Coffea canephora*, tem sido uma estratégia essencial para o desenvolvimento da cafeicultura rondoniense, visando aumentar a produtividade e a qualidade dos grãos. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi quantificar os ganhos com a seleção para a produtividade e características físicas de grãos de genótipos de *Coffea canephora* cultivados na Amazônia Ocidental. Foram avaliados 31 genótipos comerciais selecionados por cafeicultores do estado de Rondônia e comercializados em domínio público. Ao atingir o ponto de maturação, os grãos foram colhidos, secos, beneficiados e pesados para determinar produtividade, massa de mil grãos e tamanho médio de peneira, em três safras. As análises de variância mostraram desempenho diferencial entre os genótipos para todas as características estudadas. A estimativa dos parâmetros genéticos indicou a existência de forte controle genético sobre produtividade, massa de grãos e tamanho médio de peneira, com herdabilidade variando de 78,48% a 99,20%. Os genótipos N15, AS1, N16, R22, VP156, LB80, GB4, L1, N8(G8), LB33 e AR106 destacam-se pela maior produtividade, com média estimada de 134,2 sacas ha<sup>-1</sup>. O genótipo SK41 apresentou a maior massa de 1000 grãos (237,07 g) e os genótipos LB88 e N13 apresentaram peneira média 18. Dentre os diferentes índices de seleção estudados, o Índice Smith Hazel, proporcionou o maior ganho total de seleção. Os genótipos mostraram ampla variabilidade genética e diferentes índices de seleção permitiram selecionar genótipos superiores, com uma taxa de coincidência de 50%. Os genótipos N8(G8), GB4 e L1 foram selecionados em todas as metodologias empregadas.

**Palavras-chave:** Seleção genética; Robusta; Produtividade; Genótipos; Herdabilidade

#### **Abstract**

Genetic selection, especially through clonal selection of *Coffea canephora*, has been an essential strategy for the development of coffee farming in Rondônia, aiming to increase productivity and grain quality. Accordingly, the objective of this study was to quantify the gains from selection for productivity and physical characteristics of *Coffea canephora* genotypes cultivated

in Western Amazon. Thirty-one commercial genotypes selected by coffee growers from the state of Rondônia were evaluated. The grains were harvested, dried, processed, and weighed to determine productivity, thousand-grain weight, and average sieve size over three harvests. Analysis of variance showed differential performance among genotypes for all traits. Genetic parameters indicated strong genetic control over productivity, grain weight, and average sieve size, with heritability above 78%. 35% of the genotypes stood out for higher productivity, with an estimated average of 134.2 bags ha<sup>-1</sup>. Genotype SK41 had the highest thousand-grain weight (237.07 g), while genotypes LB88 and N13 presented an average sieve size of 18. The clones exhibited wide genetic variability, and different selection indices allowed the identification of superior genotypes, with a coincidence rate of 50%. Genotypes N8(G8), GB4, and L1 were selected across all methodologies employed.

**Keywords:** Genetic selection; Robusta; Productivity; Genotypes; Heritability

## 1. INTRODUÇÃO

O cultivo do café na Amazônia remonta ao início da década de 80, quando paranaenses e mineiros introduziram o café arábica, enquanto os capixabas trouxeram o café canéfora, especialmente o grupo conilon. Em Rondônia, o café conilon encontrou vantagens competitivas, tornando-se a preferência dos produtores. Atualmente, a cafeicultura é amplamente praticada no estado, com uma produção que ultrapassou 3 milhões de sacas na safra 2023/2024, colocando Rondônia como o segundo maior produtor brasileiro de *Coffea canephora* (CONAB, 2024; TEIXEIRA, 2015).

A partir da década de 2010, a cafeicultura de Rondônia passou por um processo de intensa transformação, fundamentada na utilização de mudas propagadas vegetativamente por meio de estaquia (clonagem), a partir de plantas matrizes de *Coffea canephora* selecionadas nas lavouras comerciais de origem seminífera, considerando, principalmente, maior potencial produtivo e melhor uniformidade de maturação (ESPINDULA et al., 2022; ROCHA et al., 2015).

O potencial produtivo de um genótipo é expresso através da produtividade, um dos parâmetros mais importantes relacionados às características produtivas do cafeeiro quando se visa à seleção, pois a quantidade de frutos produzida pelo cafeeiro, associada a um número adequado de plantas por área resultará em safras mais rentáveis (MATIELLO et al., 2005).

Diversos componentes reprodutivos interferem na produção da planta como a massa de mil grãos e a peneira média dos grãos, os quais estão intrinsecamente associados ao genótipo. No que concerne à massa de mil grãos, variações consideráveis são observadas entre diferentes genótipos, o que impacta diretamente o tamanho dos frutos produzidos. A uniformidade e o

tamanho dos grãos após o beneficiamento, conhecido como peneira média, também são determinados pelo genótipo e, associados a outros aspectos relacionados a qualidade, geralmente apresentam maior valor no mercado (FERRÃO et al., 2019; LAVIOLA et al., 2006; LOPES JÚNIOR et al., 2024).

Pesquisas sobre divergência genética revelam que a espécie *Coffea canephora* possui ampla variabilidade natural, impulsionada pela ocorrência de cruzamentos naturais entre e dentro de suas populações, impulsionando avanços significativos nos programas de melhoramento genético (ARAÚJO et al., 2021; SILVA et al., 2017; STARLING et al., 2016). Neste contexto, a genética quantitativa possui relevância para o melhoramento genético por atuar diretamente nos caracteres quantitativos, possibilitando identificar, acumular e perpetuar genes favoráveis (FALCONER, 1981). Para tanto, modelos biométricos desempenham papel crucial na interpretação da expressão de características agronômicas e do progresso genético com a seleção de plantas (CARVALHO et al., 2018).

Os modelos biométricos ajudam a compreender as relações entre as diferentes características e como elas são influenciadas por fatores genéticos e ambientais. Entre as estimativas mais importantes para quantificar o progresso genético com a seleção estão as estimativas de variância e de covariâncias genéticas e ambientais, trabalhadas na forma de uma matriz (CRUZ et al., 2014; RESENDE, 2015).

Além disso, para o melhoramento de culturas perenes, como o café, tem-se como alternativa a utilização de índices de seleção. Esses índices podem ser entendidos como diferentes técnicas multivariadas que consideram uma associação entre o desempenho dos genótipos e um valor teórico, resultante da combinação das características mais importantes escolhidas pelo melhorista, sobre os quais se deseja exercer a seleção simultânea (BARBOSA & PINTO, 1998; CRUZ et al., 2004)

Um dos primeiros índices de seleção foi proposto por SMITH, 1936; HAZEL, 1943 com uso de variâncias e covariâncias genotípicas e fenotípicas, por meio de uma combinação linear das características ponderadas por coeficientes estimados a partir de estimativas de variâncias genéticas e fenotípicas (MORAES et al., 2013).

O índice livre de peso e parâmetros elaborado por Elston (1963) considera igual ênfase das características na seleção e não necessitando de estimativas de parâmetros genotípicos e fenotípicos. Esta metodologia, é especialmente útil quando pouco é conhecido sobre as características em avaliação (DALBOSCO, 2015).

Por sua vez, o índice proposto por Mulamba e Mock (1978), também conhecido por índice da soma de postos, se caracteriza por não estabelecer pesos econômicos sendo o

ordenamento dos genótipos realizado de acordo com as características desejadas, e posterior somatório das suas classificações (ATROCH et al., 2010; MORAES, et al., 2013).

O índice de distância genótipo - ideótipo (CRUZ, 2006) consiste em estabelecer um valor ideal para cada característica, indicando, desse modo, um genótipo ideal que normalmente não existe na população de melhoramento. A partir da diferença entre o desempenho de cada genótipo e o valor atribuído ao ideótipo, é estimada uma distância, sendo essa distância o próprio índice (LESSA et al., 2010).

A utilização de índices de seleção, possibilita melhor distribuição dos ganhos buscando selecionar plantas que apresentem um conjunto de características favoráveis (BARBOSA & PINTO, 1998; FERREIRA et al., 2005; GRANATE et al., 2002; REZENDE et al., 2014).

O objetivo deste trabalho quantificar os ganhos com a seleção para a produtividade e características físicas de grãos de genótipos de *Coffea canephora* cultivados na Amazônia Ocidental.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Experimento em campo

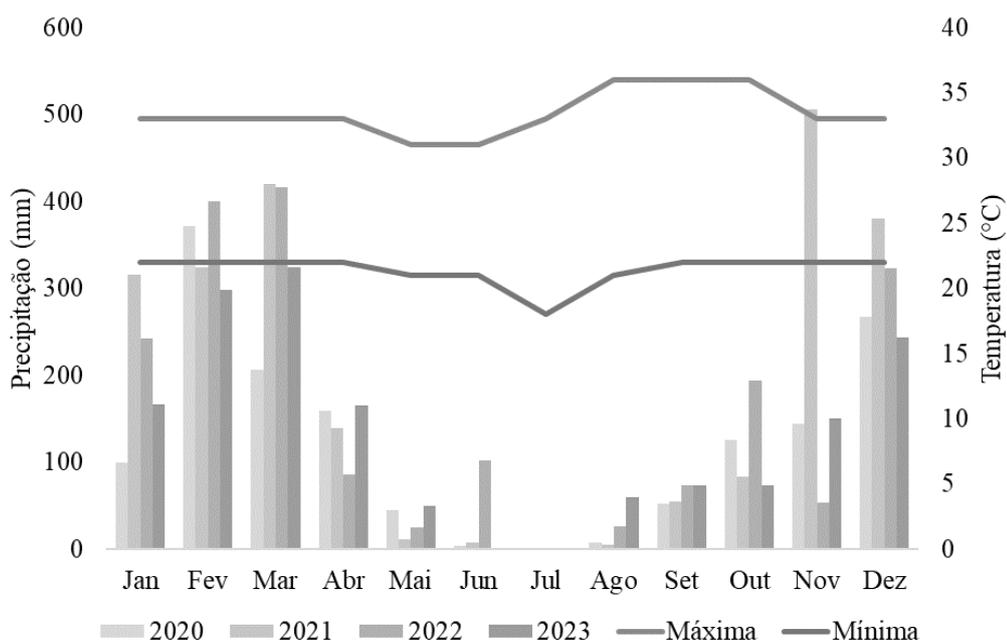
Os 31 genótipos de *C. canephora* estudados neste trabalho são comercializados em domínio público na Amazônia Ocidental. Estes genótipos foram selecionados pelos próprios cafeicultores e estão entre os clones mais cultivados nesta região. Os genótipos se caracterizam como plantas híbridas com características das variedades botânicas Conilon e Robusta (ESPINDULA et al., 2022) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Identificação de 31 genótipos estudados de acordo com sua origem e data de início da comercialização em domínio público.

| Genótipo | Viveirista     | Data de comercialização |
|----------|----------------|-------------------------|
| AS1      | Ademar Schmidt | 2013                    |
| AS4      | Ademar Schmidt | 2013                    |
| AS5      | Ademar Schmidt | 2020                    |
| AS7      | Ademar Schmidt | 2020                    |
| L1       | Ademir Rosa    | 2012                    |
| AR4      | Alcides Rosa   | Desconhecida            |
| AR106    | Audiney Raasch | Desconhecida            |
| GB7      | Gilberto Boone | 2015                    |
| IL138    | Isaias Louzada | Desconhecida            |
| LB11     | Laerte Braun   | Desconhecida            |
| LB15     | Laerte Braun   | 2017                    |
| LB16     | Laerte Braun   | Desconhecida            |
| LB18     | Laerte Braun   | Desconhecida            |
| LB30     | Laerte Braun   | 2020                    |
| LB33     | Laerte Braun   | 2020                    |

|        |                     |              |
|--------|---------------------|--------------|
| LB68   | Laerte Braun        | 2020         |
| LB80   | Laerte Braun        | 2014         |
| LB88   | Laerte Braun        | 2020         |
| R22    | Laerte Braun        | 2016         |
| P60    | Marcelo Braun       | 2020         |
| N12    | Nivaldo Ferreira    | 2020         |
| N13    | Nivaldo Ferreira    | 2017         |
| N15    | Nivaldo Ferreira    | Desconhecida |
| N16    | Nivaldo Ferreira    | 2012         |
| N8(G8) | Nivaldo Ferreira    | 2012         |
| R152   | Ronaldo Oliveira    | Desconhecida |
| SK41   | Sérgio Kalk/Nivaldo | 2010         |
| VP156  | Valdecir Piske      | 2016         |
| GB1    | Gilberto Boone      | 2017         |
| GB4    | Gilberto Boone      | 2017         |
| WP6    | Vanderlei Peter     | 2013         |

A lavoura experimental, conduzida nas safras 20/21, 21/22 e 22/23, está localizada no município de São Felipe d'Oeste- RO, em propriedade rural particular a altitude de 276 metros, com coordenadas geográficas 11° 53' 24" S de latitude e 61° 26' 25" O de longitude e precipitação média anual de 1820 mm durante o período experimental, temperaturas médias mensal máximas variando entre 31 e 36°C e mínimas entre 18 e 22°C (Figura 1). O clima regional é caracterizado como 'Am' pela classificação de Köppen, portanto, tropical úmido (ALVARES et al., 2013).



**Figura 1** – Precipitação, temperatura mensal média máxima e mínima na lavoura experimental em São Felipe do Oeste/RO durante o período experimental de 2020 a 2023

A lavoura, plantada em espaçamento  $3 \times 1$  m, foi conduzida seguindo as recomendações propostas por Marcolan e Espindula (2015) para o estado de Rondônia. O solo apresentava como características químicas pH 5,69 (água); 46,7 mg.dm<sup>-3</sup> de P (Melich); 0,4 cmol.dm<sup>-3</sup> de K (resina); 2,0 cmol.dm<sup>-3</sup> de Ca (resina); 1,0 cmol.dm<sup>-3</sup> de Mg (resina); 5,9 cmol.dm<sup>-3</sup> de H+Al; 1,2 cmol.dm<sup>-3</sup> de Al (KCl); 27 g.kg<sup>-1</sup> de M.O. (oxidação); e V 37%. O ensaio foi instalado em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições e a parcela experimental composta por duas plantas que tiveram seus grãos totalmente colhidos no momento em que atingiram 80% de maturação.

## 2.2 Coleta e processamento de amostras

Os frutos foram coletados quando atingiram o estágio de maturação M3, denominado fruto cereja, considerando o ciclo de maturação de cada clone. Procedeu-se com a derriça total dos frutos de cada parcela experimental, sua pesagem e separação de uma amostra de 2 kg por parcela para estimativa de produtividade e demais análises. Após a coleta, as amostras das parcelas experimentais foram imediatamente identificadas e, então, secas ao ar livre até atingirem umidade de 12%. Concluído o processo de secagem, as amostras foram beneficiadas (descascadas em descascador de renda) e pesadas.

A determinação da produtividade (PROD) foi realizada obtendo assim a proporção de café da roça para café beneficiado. A produtividade de sacas de café processado de 60 kg por hectare foi estimada da seguinte forma na equação (1):

$$PROD = \frac{\left(\frac{cr}{qp}\right)}{60} * 3.333 * rend$$

onde: PROD é a produtividade do café em sacas por hectare; cr é a produção de café da roça por parcela; qp é o número de plantas na parcela; 3.333 é o número de plantas por hectare; rend é a proporção calculada entre o café processado e o café produzido na roça, expressa como um valor decimal; e 60 corresponde ao peso em quilogramas de uma saca de café beneficiado.

A determinação da massa de mil grãos (M1000g) foi realizada por meio da contagem manual e posterior determinação da massa dos grãos de cada amostra realiza em balança analítica.

Para a determinação da peneira média (Pen) das parcelas experimentais, amostras de 0,10 kg de grãos cru foram coletadas e utilizadas para a classificação da granulometria a partir da separação dos grãos por peneiras, obtida pelas percentagens de grãos retidos nas peneiras circulares (18; 17; 16; 15; 14 e 13), para grãos chatos, e peneiras oblongas (13; 12; 11; 10 e 9), para grãos redondos (moca), cujas classes podem ser observadas na Tabela 2.

**Tabela 2.** Classes utilizadas para a classificação do café, de acordo com a Tabela Oficial de Classificação.

| Classificação                   | Peneiras     |
|---------------------------------|--------------|
| Grão chato grosso (café grande) | 17 e maiores |
| Grão chato médio (café médio)   | 15 e 16      |
| Grão chatinho (café miúdo)      | 12;13 e 14   |
| Grão moca grosso                | 11 a 13      |
| Grão moca médio                 | 10           |
| Grão moquinha                   | 8 e 9        |

Extraído de BARTHOLLO & GUIMARÃES (1997)

### 2.3 Análise dos dados

Foi calculada a média das três safras para cada uma das características estudadas nos genótipos. Para avaliar a hipótese de que existem diferenças significativas entre os genótipos estudados o teste F da análise de variância foi interpretado de forma completamente casualizada seguindo o modelo proposto por Cruz et al. (2014):

$$Y_{ij} = u + G_i + e_{ij}$$

onde:  $Y_{ij}$ = observação do  $i^{\text{th}}$  genótipo na repetição  $j^{\text{th}}$ ,  $u$  = média geral,  $G_i$ =  $i^{\text{th}}$  genótipo,  $e_{ij}$ = erro experimental associado ao  $i^{\text{th}}$  genótipo na  $j^{\text{th}}$  repetição. Para agrupar genótipos com comportamentos semelhantes foi utilizado o teste de Scott-Knott ao nível de 1% de probabilidade.

Os parâmetros genéticos mais importantes para caracterização do controle genético e eficiência do processo de seleção são herdabilidade, repetibilidade e precisão de seleção (CRUZ et al., 2014). A herdabilidade no sentido amplo mede a proporção relativa entre os efeitos genotípicos e ambientais na expressão das características. De acordo com Vencovsky e Barriga (1992), ela pode ser estimada por:

$$h^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_g^2 + \sigma_e^2}$$

onde:  $h^2$  é a herdabilidade no sentido amplo,  $\sigma_g^2$  é a variância genotípica, e  $\sigma_e^2$  é a variância ambiental.

As estimativas de ganhos de seleção foram realizadas de forma individual para as características avaliadas e de forma conjunta para estimativa do ganho total com a seleção. Os índices de seleção avaliados foram a Seleção Direta, por meio da produtividade; o índice clássico Smith (1936) e Hazel (1943); o índice da soma de ranks de Mulamba & Mock (1978); o índice livre de pesos e parâmetros de Elston (1963); e o índice de distância genótipo ideótipo de Cruz (2013).

O progresso genético foi quantificado, considerando ganhos diretos, resposta correlacionada e o uso de índices de seleção. A resposta correlacionada, que avalia mudanças

em características associadas à seleção para uma característica primária, foi estimada considerando avaliações em ambas as colheitas, seguindo a expressão (RESENDE, 2016):

$$R(y/x) = k \cdot r_{(x,y)} \cdot h_x \cdot h_y \cdot \sigma_y$$

onde:  $R(y/x)$ : ganho genético indireto em uma característica  $y$  como resultado da seleção para uma característica  $x$ ,  $k$ : diferencial de seleção padronizado,  $r_{(x,y)}$ : correlação entre as características  $x$  e  $y$ ,  $h_x$ : herdabilidade da característica  $x$ ,  $h_y$ : herdabilidade da característica  $y$ ,  $\sigma_y$ : desvio padrão fenotípico da característica  $y$ .

Os valores genotípicos foram empregados para quantificar o progresso genético utilizando o índice baseado na soma de classificações (MULAMBA & MOCK, 1978), o índice de Smith & Hazel (SMITH, 1936) e o índice genótipo-ideótipo (CRUZ, 2013).

O índice de soma de ranks, conforme definido por Mulamba & Mock (1978), envolve a soma das classificações dos genótipos, que são ordenados com base em seus valores genéticos para cada característica. A classificação dos genótipos é então determinada ao organizá-los em ordem decrescente de seus valores genéticos para as características avaliadas.

O índice clássico proposto por Smith (1936) consiste em uma combinação linear de várias características economicamente significativas, com coeficientes de ponderação estimados para maximizar a correlação entre o índice e o agregado genotípico. Esse agregado é determinado por outra combinação linear de valores genéticos ponderados por seus respectivos valores econômicos (CRUZ, 2013). O ganho esperado para a característica  $y$ , quando a seleção é realizada com base no índice, é dado pela expressão:

$$\Delta g_{y(x)} = DS_{y(x)} h_y^2$$

onde:  $\Delta g_{y(x)}$  : ganho esperado para a característica  $y$  quando a seleção é praticada usando o índice,  $DS_{y(x)}$ : diferencial de seleção da característica  $y$  em comparação com o índice  $x$ ,  $h_y^2$ : herdabilidade da característica  $y$ .

No índice genótipo-ideótipo (CRUZ, 2013), são consideradas as distâncias estimadas entre os genótipos e os valores de referência, definidos pelos máximos e mínimos observados, conforme a expressão:

$$G_i = \left[ 1/n \sum_{j=1}^n (x_{ij} - m_j)^2 \right]^{0,5}$$

onde:  $G_i$  é a distância genótipo-ideótipo;  $x_{ij}$  é a pontuação da técnica de análise de componentes principais para o  $i$ -ésimo genótipo no  $j$ -ésimo componente principal; e  $m_j$  é a pontuação associada à referência ideal no  $j$ -ésimo componente principal. As análises foram realizadas no software GENES (CRUZ, 2013).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância indicam a presença de diferenças significativas entre os genótipos avaliados em relação a todas as características estudadas (Tabela 3). Além disso, as estimativas do coeficiente de variação experimental (CVe) indicam uma adequada condução experimental, visto que o valor do coeficiente é inferior a 20%.

Tabela 3. Resumo da análise de variância e dos parâmetros genéticos da produtividade (sacas ha<sup>-1</sup>), massa de 1000 grãos (gramas) e peneira média de 31 clones comercializados em domínio público avaliados ao longo de três safras (média de três safras) no município de São Felipe d'Oeste - RO de 2020 a 2023.

| <b>FV</b>        | <b>GL</b> | <b>Prod</b> | <b>M1000g</b> | <b>Pen</b> |
|------------------|-----------|-------------|---------------|------------|
| Blocos           | 3         | 201,81      | 201,73        | 1,58       |
| Tratamentos      | 30        | 1608.12**   | 3125.37**     | 3.79**     |
| Resíduo          | 90        | 346,12      | 25,11         | 0,12       |
| Média            |           | 113,36      | 179,12        | 16,55      |
| Mínimo           |           | 55,30       | 120,00        | 13,67      |
| Máximo           |           | 177,80      | 258,80        | 18,44      |
| -----            |           |             |               |            |
| CVe              |           | 16,41       | 2,80          | 2,05       |
| CVg              |           | 15,67       | 15,54         | 5,80       |
| CVg/CVe          |           | 0,95        | 5,56          | 2,82       |
| S <sup>2</sup> g |           | 315,50      | 775,07        | 0,92       |
| S <sup>2</sup> e |           | 346,12      | 25,11         | 0,12       |
| H <sup>2</sup>   |           | 78,48       | 99,20         | 96,96      |

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade; CVe: Coeficiente de variação ambiental; CVg: Coeficiente de variação genotípica; CVg/CVe: Razão entre Coeficiente de variação genotípico e Coeficiente de variação ambiental; S<sup>2</sup>g: Variância genotípica; S<sup>2</sup>e: Variância ambiental; H<sup>2</sup>: Herdabilidade.

O coeficiente de variação experimental, também chamado de coeficiente de variação ambiental, determina o quanto o ambiente influencia na expressão fenotípica (CRUZ et al., 2014). É possível observar que para as características massa de 1000 grãos (M1000g) e peneira média (Pen) os valores ficaram abaixo de 3%, já para a produtividade o CVe foi de 16,41. Isso ocorre porque as características massa de grãos e a peneira média são relacionadas a fatores genéticos, enquanto a produtividade está intrinsecamente ligada a uma combinação de fatores, incluindo genética, manejo agrônomico e condições ambientais. Dessa forma, a variação na massa de grãos e na peneira média tendem a ser mais estáveis e menos sujeitas a flutuações ambientais significativas em comparação com a produtividade (FERRÃO, et al., 2019; ROCHA et al., 2015).

A significância do efeito de genótipos para todas as características estudadas indica a existência de variabilidade genética entre os genótipos. De maneira semelhante diversos estudos de divergência genética destacam a variabilidade genética existente entre os diferentes genótipos, influenciando uma ampla gama de características que vão desde características

morfoagronômicas até atributos bioquímicos dos grãos de café, enfatizando a importância dos componentes genéticos na determinação de características do cafeeiro (CHESEREK et al., 2022; DUBBERSTEIN, et al., 2021; SILVA et al., 2023). Em cafeeiros *C. canephora* 'conilon' Ferrão et al., (2008), identificaram variabilidade genética entre os genótipos estudados, sugerindo um potencial promissor para a implementação de programas de melhoramento genético visando otimizar características desejáveis.

Os valores da herdabilidade ( $H^2$ ) foram de 78,48% (Prod), 99,20% (M1000g) e 96,96% (Pen), o que indica o forte controle genético sobre essas características nos genótipos de *Coffea canephora* estudados. Esses valores são superiores aos encontrados por Ramalho et al. (2016) e Silva et al. (2018), porém assemelham-se aos valores descritos por Ferrão et al. (2008).

Este coeficiente desempenha um papel crucial no melhoramento genético, pois indica a proporção da variação fenotípica total de uma característica que é atribuída à variação genética entre os indivíduos em uma população. No contexto do melhoramento de plantas, a herdabilidade, ou coeficiente de determinação genotípica, serve a dois propósitos principais. Primeiro, ele prevê a confiabilidade do valor fenotípico em refletir o valor genotípico, fornecendo uma medida da precisão do processo seletivo. Segundo, quantifica a proporção do ganho esperado do diferencial de seleção quando a seleção é aplicada à unidade de seleção definida (CRUZ e CARNEIRO, 2014).

As estimativas do coeficiente de variação genético (CVg), à exceção da produtividade (Prod) apresentaram valores superiores ao Cve. O CVg é uma relação entre o desvio padrão genético e a média experimental, interpretada em comparação com o coeficiente de variação experimental (ARAÚJO et al., 2021). Comerio et al. (2019), avaliando diferentes genótipos de cafés conilon e arábica, obtiveram resultado semelhante, e observaram que quanto maior o valor de CVg, maior a heterogeneidade dos genótipos e maior a possibilidade de seleção de materiais promissores entre os genótipos estudados.

Com os valores de Cve e CVg foi possível estimar a Razão CVg/Cve, que, com exceção da produtividade, todas as demais características apresentaram valores superiores a 1,0, o que indica que há predominância dos efeitos genéticos em relação ao ambiente para a expressão dessas características. Relações entre CVg e Cve próximas ou superiores a 1,0 como as observadas neste estudo e, também, por Santos et al. (2022), Araújo et al., (2021) e Rodrigues et al. (2017) indicam condição favorável à obtenção de ganhos com seleção de plantas, pois estão mais associadas à contribuição de componentes genéticos do que a variações ambientais

Com relação à Razão CVg/Cve apresentada para a característica produtividade, acredita-se que o valor encontrado, inferior a 1,0, esteja relacionado a bialidade apresentada pelo cafeeiro. Como foram estudadas três colheitas (três anos/safras) consecutivos essa

flutuação observada na produtividade, comum aos cafeeiros (TORRES et al., 2021), pode ter influenciado na obtenção deste valor.

A análise de agrupamento, realizada pelo teste de Scott Knott, permitiu a formação de grupos de clones com desempenho semelhantes entre si e distintos dos demais em todas as características avaliadas (Tabela 4). Para a produtividade, houve a formação de quatro grupos, sendo que mais de 35% dos genótipos enquadraram-se entre aqueles com maior produtividade, sendo eles os genótipos N15, AS1, N16, R22, VP156, LB80, GB4, L1, N8(G8), LB33 e AR106, que apresentaram produtividade variando entre 123 e 150 sacas por hectare com média de 134,2 sacas ha<sup>-1</sup>.

**Tabela 4.** Produtividade (sacas ha<sup>-1</sup>), massa de mil grãos (gramas) e peneira média dos 31 genótipos em domínio público avaliados ao longo de três safras (média de três safras) no município de São Felipe d'Oeste - RO de 2020 a 2023.

| n  | Genótipos | Prod     | M1000g   | Pen     | n  | Genótipos | Prod     | M1000g   | Pen     |
|----|-----------|----------|----------|---------|----|-----------|----------|----------|---------|
| 1  | N8(G8)    | 150,20 a | 208,10 c | 16,67 d | 17 | GB1       | 111,57 b | 146,65 h | 15,84 e |
| 2  | VP156     | 146,32 a | 173,87 f | 15,73 f | 18 | N12       | 110,75 b | 199,02 c | 17,13 c |
| 3  | GB4       | 142,07 a | 190,87 d | 17,51 b | 19 | P60       | 106,52 c | 136,92 i | 14,80 g |
| 4  | LB33      | 135,75 a | 180,22 e | 16,49 d | 20 | LB18      | 106,40 c | 181,62 e | 17,16 c |
| 5  | AR106     | 135,42 a | 185,90 d | 17,62 b | 21 | IL138     | 104,32 c | 188,32 d | 16,87 c |
| 6  | L1        | 132,80 a | 204,67 c | 17,41 b | 22 | LB30      | 103,55 c | 175,27 f | 17,02 c |
| 7  | AS1       | 130,82 a | 193,35 d | 16,77 d | 23 | R152      | 103,05 c | 203,52 c | 17,05 c |
| 8  | N15       | 128,55 a | 154,67 g | 16,01 e | 24 | AS4       | 101,45 c | 170,97 f | 16,58 d |
| 9  | N16       | 125,52 a | 178,47 e | 16,18 e | 25 | AR4       | 98,17 d  | 134,17 i | 15,37 f |
| 10 | R22       | 125,20 a | 175,20 f | 16,86 c | 26 | LB11      | 96,82 d  | 121,77 j | 14,33 g |
| 11 | LB80      | 123,07 a | 157,00 g | 16,26 e | 27 | AS7       | 89,85 d  | 200,17 c | 16,55 d |
| 12 | LB68      | 119,52 b | 174,62 f | 17,43 b | 28 | AS5       | 89,10 d  | 160,3 g  | 15,87 e |
| 13 | LB16      | 118,95 b | 132,62 i | 15,54 f | 29 | LB15      | 86,05 d  | 189,30 d | 17,00 c |
| 14 | GB7       | 117,87 b | 213,70 b | 17,24 c | 30 | WP6       | 76,67 d  | 152,00 h | 14,33 g |
| 15 | SK41      | 115,65 b | 237,07 a | 16,94 c | 31 | N13       | 67,07 d  | 213,45 b | 18,06 a |
| 16 | LB88      | 115,05 b | 218,75 b | 18,23 a |    |           |          |          |         |

Médias seguidas por letras semelhantes na vertical não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

Destaca-se que os genótipos acima citados por sua elevada produtividade, já estão estabelecidos nas lavouras da região há várias safras, evidenciando resultados consistentes que reforçam sua recomendação para cultivo. Estes clones, destacados pelo seu alto desempenho produtivo, apresentam-se como candidatos ideais para servirem como progenitores em programas de melhoramento genético. Tal estratégia permitiria a introdução eficiente de características de interesse em novos genótipos visando o alto desempenho produtivo.

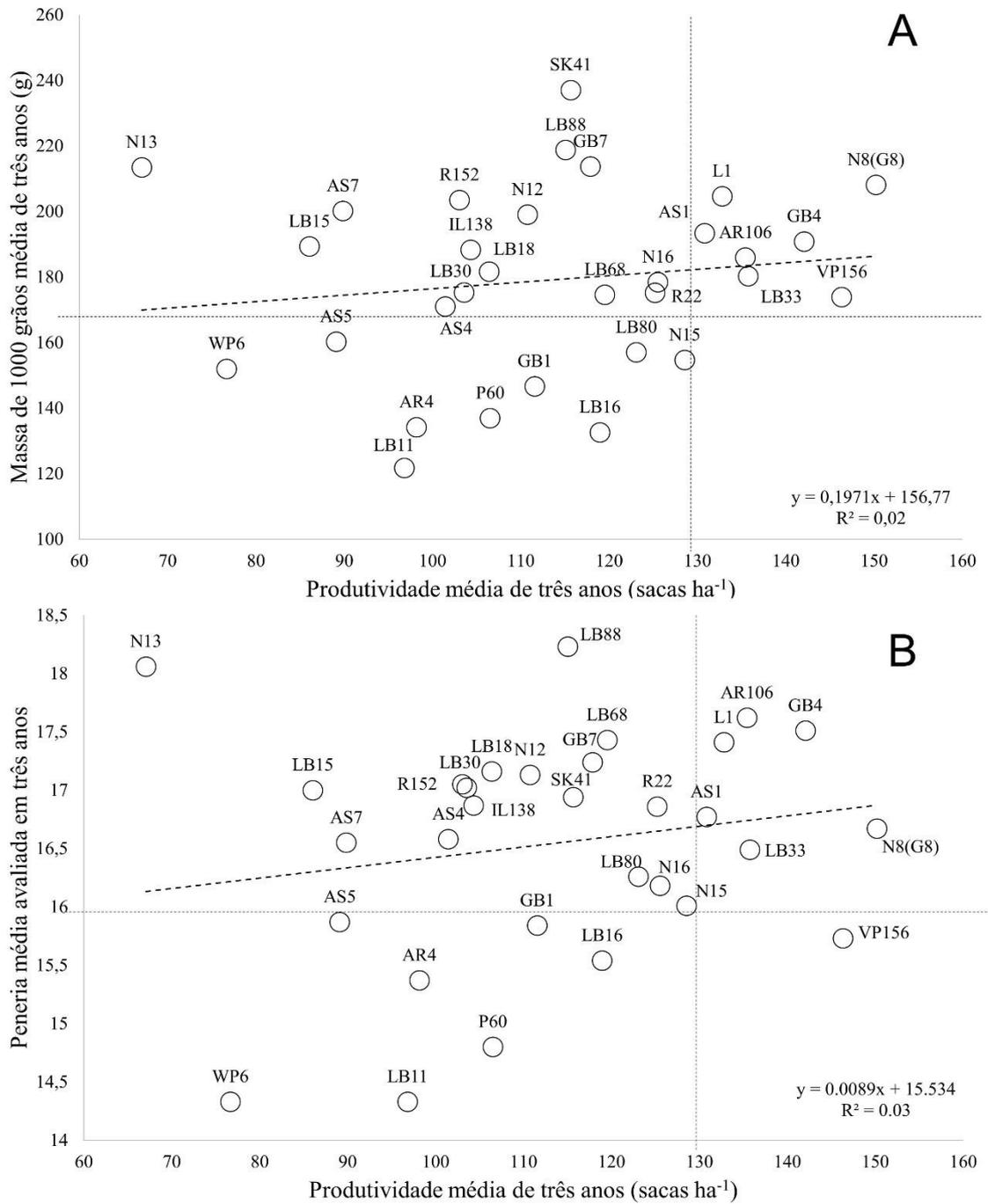
Para a massa de 1000 grãos e peneira média, os genótipos apresentaram comportamentos mais heterogêneos, havendo formação de 10 e 7 grupos com comportamentos distintos respectivamente. Para a característica massa de 1000 grãos destacaram-se o genótipo

SK41, com 237,07 g enquanto que para a peneira média o destaque ficou por conta dos genótipos LB88 e N13, com peneira média de 18 para ambos.

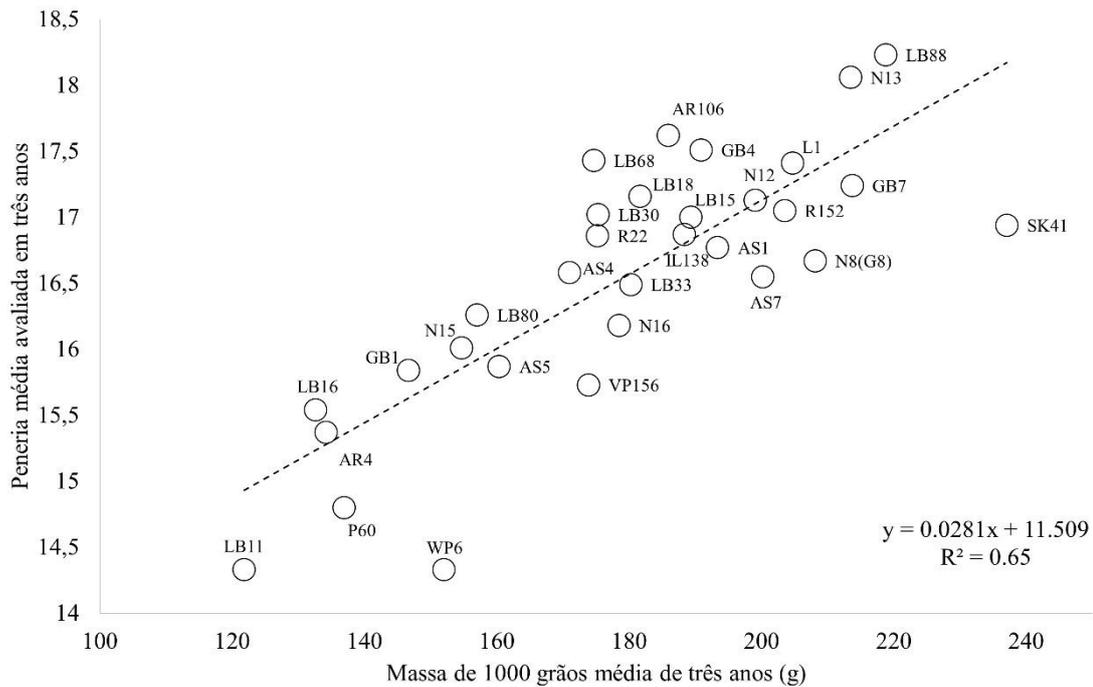
É importante destacar que tais características não são diretamente correlacionadas, ou seja, o genótipo com grãos maiores (maior peneira) e/ou com grãos com maiores massas (maior massa de 1000 grãos) pode não ser aquele que apresentará a maior produtividade. Isso porque, além da dimensão e da massa de grãos, a quantidade de frutos por planta também é um importante componente de produção, sendo determinante para a estimativa da produtividade. Tal pressuposto é confirmado pela análise de correlação entre produtividade x massa de 1000 grãos (Figura 2a), peneira média x produtividade (Figura 2b) e peneira média x massa de 1000 grãos (Figura 3).

Ao comparar os valores de produtividade x massa de 1000 grãos (Figura 2a) é possível observar grande dispersão dos dados ( $R^2= 0,02$ ), com formação de três grupos de genótipos com comportamento semelhantes. No quadrante superior esquerdo, o grupo, composto pelos genótipos N13, LB15, AS7, R152, IL138, AS4, LB30, LB18, N12, SK41, LB88, GB7, LB68, N16 e R22 apresentaram maiores massas de mil grãos, porém produtividade média menor. No quadrante inferior esquerdo, o grupo formado pelos genótipos WP6, AS5, LB11, AR4, P60, GB1, LB16, LB80 e N15 caracteriza-se por apresentar genótipos com menores massas e menores produtividades. Por fim, o grupo de comportamento superior, no quadrante superior direito, com maiores massas de grãos e maiores produtividades, é composto pelos genótipos AS1, L1, AR106, LB33, GB1, VP156, GB4 e N8(G8).

De maneira semelhante, o comportamento dos genótipos para a comparação peneira média x produtividade média (Figura 2b) evidencia que há uma baixa correlação entre essas características ( $R^2= 0,02$ ), havendo grande dispersão dos valores. No quadrante superior esquerdo o grupo formado pelos genótipos N13, LB15, AS7, AS4, R152, LB30, LB18, IL138, N12, SK41, LB88, LB68, LB80, R22 e N16 apresenta grãos maiores, porém, produtividade menor. No quadrante inferior esquerdo, os genótipos WP6, AS5, AR4, LB11, P60, GB1 e LB16 compõem o grupo com grãos menores e produtividade menor. No quadrante inferior direito, o genótipo VP156, apesar da elevada produtividade, apresenta grãos menores. No quadrante superior direito, estão agrupados os genótipos AS1, L1, AR106, LB33, GB4 e N8(G8) com maiores produtividades e também maiores dimensões dos grãos.



**Figura 2.** Gráfico de dispersão da produtividade x massa de 1000 grãos (A) e peneira média x produtividade (B) de genótipos de *Coffea canephora*.



**Figura 3.** Gráfico de dispersão da peneira média x massa de mil grãos de genótipos de *Coffea canephora*.

Comparando peneira média x massa de mil grãos (Figura 3) é possível observar menor dispersão dos dados e correlação linear entre as duas características ( $R^2 = 0,65$ ), ou seja, genótipos com grãos maiores tendem a apresentar maior massa de grãos.

Uma vez que os genótipos estudados apresentaram grande variabilidade genética, é possível realizar a seleção de clones que sejam promissores para compor programas de melhoramento genético, trazendo ganhos de seleção. A seleção deve ser coerente com os objetivos desejados e o processo de seleção empregado, de modo que resulte em melhores ganhos simultâneos (FERREIRA et al., 2005). Ao comparar a utilização de diferentes índices de seleção (Tabela 5), é possível observar que, por ser utilizado diferentes metodologias, os ganhos estimados são diferentes entre si, mas, há coincidência nos genótipos selecionados.

Para a seleção direta, ou seja, tomando por base para seleção somente o ranqueamento dos genótipos, o ganho de seleção para a característica produtividade foi de 18,74%, maior que todos os demais métodos. Porém, os ganhos para as demais características foram baixos, o que resultou em um ganho total de 27,23%, o mais baixo em comparação com os demais índices de seleção. Com a utilização desse método, os genótipos selecionados foram N8(G8), GB4, L1, VP156, LB33 e AR106.

Isso ocorre porque a seleção direta é baseada em obter ganhos máximos em um único caractere. Neste método, a seleção é praticada e, dependendo da relação desse caractere com os demais, podem ocorrer respostas positivas ou negativas nos caracteres de importância secundária. Cruz et al., (2004) destacam que a seleção baseada em uma única característica é

inadequada, pois resulta em um produto final superior em relação àquela característica, mas pode levar a desempenhos não tão favoráveis para as demais características.

**Tabela 5.** Estimativas de ganho com a seleção comparando os ganhos com a seleção direta para produtividade, massa de mil grãos e peneira média de 31 genótipos de cafeeiros *C. canephora* avaliados ao longo de três safras no município de São Felipe D'Oeste – RO, de 2020 a 2023.

| Critério de Seleção | Xs     |        |       | GS%   |        |      |
|---------------------|--------|--------|-------|-------|--------|------|
|                     | Prod   | M1000g | Pen   | Prod  | M1000g | Pen  |
| Seleção direta      | 140,42 | 190,6  | 16,91 | 18,74 | 6,36   | 2,13 |
| Smith Hazel         | 128,94 | 212,19 | 17,33 | 10,79 | 18,32  | 4,63 |
| Mulamba Mock        | 132,23 | 203,66 | 17,45 | 13,07 | 13,6   | 5,3  |
| Elston              | 131,86 | 207,56 | 17,4  | 12,81 | 15,75  | 5,01 |
| Genótipo x Ideótipo | 132,23 | 203,66 | 17,45 | 13,07 | 13,6   | 5,3  |

| Genótipos selecionados |     |    |       |      |       | Ganho Total |
|------------------------|-----|----|-------|------|-------|-------------|
| N8(G8)                 | GB4 | L1 | VP156 | LB33 | AR106 | 27,23       |
| N8(G8)                 | GB4 | L1 | LB88  | GB7  | SK41  | 33,74       |
| N8(G8)                 | GB4 | L1 | LB88  | GB7  | AR106 | 31,97       |
| N8(G8)                 | GB4 | L1 | LB88  | SK41 | AR106 | 33,57       |
| N8(G8)                 | GB4 | L1 | LB88  | GB7  | AR106 | 31,97       |

Xs - média dos genótipos selecionados; GS% - percentual de ganho de seleção.

Para a massa de 1000 grãos, o critério de seleção que traz o maior ganho genético é o Índice Smith Hazel (acréscimo), com um ganho de 18,32% para essa característica e ganho total de 33,74%, selecionando os genótipos SK41, N8(G8), LB88, L1, GB7 e GB4. Esse índice foi o que possibilitou o maior ganho de seleção total, ou seja, quando todas as características estudadas foram consideradas.

Os índices Mulamba Mock (soma de ranks) e Genótipo Ideótipo foram os que possibilitaram o maior ganho com relação à peneira média dos grãos, 5,3%. Esses critérios apresentaram comportamento semelhante, trazendo os mesmos ganhos para todas as características consideradas e ganho total semelhante, de 31,97%. Por esses métodos, os genótipos selecionados foram: L1, GB4, LB88, N8(G8), AR106 e GB7.

De maneira semelhante, Jesus et al. (2023), avaliando índices de seleção para palma forrageira, observaram que os ganhos de seleção são diferentes para os índices de seleção avaliados, demonstrando a necessidade de se determinar o índice adequado para cada programa de seleção de acordo com os interesses do melhorista. Além disso, os índices de seleção, diferentemente da seleção direta, possibilitaram realizar a seleção simultânea de vários caracteres de importância econômica, aumentando a rapidez e a chance de sucesso no

melhoramento genético (BIZARI et al., 2017; FALCONER & MACKAY, 1996; SOUSA et al., 2021; TASSONE et al., 2019).

Os diferentes métodos de seleção avaliados, de maneira geral selecionaram alguns genótipos em comum (Tabela 5). Quando consideradas todas as metodologias estudadas a taxa de coincidência dos genótipos selecionados foi de 50%, sendo os genótipos N8(G8), GB4 e L1 selecionados por todas as metodologias empregadas. Os genótipos LB88 e AR106 estiveram entre os selecionados, juntamente com os anteriores, quando foram considerados 4 métodos de seleção, ou seja, aproximadamente 67% de coincidência.

Diferentes índices de coincidência na seleção de genótipos podem ser encontrados quando se utilizam diferentes índices de seleção, em alguns casos chegando a 100% (DALBOSCO et al., 2019). No presente estudo a taxa de coincidência na seleção de genótipos variou entre 50 e 100% (Tabela 6). Nesse sentido, Pedrozo et al. (2009) afirmam que quanto maior a taxa de coincidência entre dois índices de seleção, maior será a concordância dos resultados de seleção entre eles.

**Tabela 6** – Índice de coincidência dos genótipos de *C. canephora* selecionados por diferentes índices de seleção.

| r                        | SD | SH  | MM  | ELPP | GI   |
|--------------------------|----|-----|-----|------|------|
| Seleção direta (SD)      | 1  | 50% | 67% | 67%  | 67%  |
| Smith Hazel (SH)         |    | 1   | 83% | 83%  | 83%  |
| Mulamba Mock (MM)        |    |     | 1   | 83%  | 100% |
| Elston (ELPP)            |    |     |     | 1    | 83%  |
| Genótipo x Ideótipo (GI) |    |     |     |      | 1    |

Os elevados índices de coincidência evidenciam o grande potencial dos genótipos estudados para a seleção, baseada em critérios produtivos independentemente do método de seleção empregado. Conseguir prever dados de ganho de seleção é uma contribuição de grande valia da genética quantitativa para o melhoramento. Através das informações obtidas se consegue auxiliar no momento do processo de seleção, tornando o mesmo mais efetivo (HAMAWAKI et al., 2012).

#### 4. CONCLUSÕES

Existe variabilidade genética entre os genótipos estudados para as características avaliadas.

As estimativas da herdabilidade ( $H^2$ ), variando de 78,48% a 99,20%, sugere forte controle genético sobre as características estudadas nos genótipos de *Coffea canephora*.

Os genótipos N15, AS1, N16, R22, VP156, LB80, GB4, L1, N8(G8), LB33 e AR106 destacam-se pela maior produtividade, com média estimada de 134,2 sacas ha<sup>-1</sup>.

O genótipo SK41 apresenta a maior massa de 1000 grãos (237,07 g) e os genótipos LB88 e N13 apresentam maiores peneiras médias, peneira 18.

Dentre os diferentes índices de seleção estudados, o Índice Smith Hazel, proporciona o maior ganho total de seleção.

Os genótipos N8(G8), GB4 e L1 se destacam quanto a produtividade, dimensões e massa de grãos pois foram selecionados pelos diferentes métodos de seleção estudados.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

ARAÚJO, L. F. B.; ESPINDULA, M. C.; ROCHA, R. B.; TORRES, J. D.; CAMPANHARO, M.; PEGO, W. F. O.; ROSA, S. E. S. Divergência genética com base em características vegetativas e anatômicas foliares de clones de *Coffea canephora*. **Semina: Ciências Agrárias**, n. 42, v.5, p. 2717–2734, 2021.

ATROCH, A. L.; NACIMENTO FILHO, F. J.; RESENDE, M. D. V.; LOPES, R.; CLEMENT, C. R. Avaliação e seleção de progênies de meios-irmãos de guaranazeiro. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 53, p. 123-130, 2010.

BARBOSA, M. H. P.; PINTO, C. A. B. P. Eficiência de índices de seleção na identificação de clones superiores de batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 2, p. 149-156, 1998.

BÁRTHOLO, G.F.; GUIMARÃES, P.T.G. Cuidados na colheita e preparo do café. **Informe Agropecuário**, v.18, p.33-42, 1997.

BIZARI, E. H.; VAL, B.H.P.; PEREIRA, E.M.; MAURO, A.D.; UNÊDATREVISOLI, S.H. Selection indices for agronomic traits in segregating populations of soybean. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 1, p. 110-117, 2017.

CARVALHO, I. R.; SZARESKI, V. J.; MAMBRIN, R. B.; FERRARI, M.; PELEGRIN JUNIOR, A.; ROSA, T. C.; PETER, M.; SILVEIRA, D; C.; CONTE, G. G.; BARBOSA, M. H.; SOUZA, V. Q. Biometric models and maize genetic breeding: a review. **Australian Journal of Crop Science**, v.12, n. 11, p.1796-1805, 2018.

CHESEREK, J. J.; NGUGI, K.; MUTHOMI, J. W.; OMONDI, C. O.; KATHURIMA, C. W. Genetic variability and correlation of biochemical and sensory characteristics of coffee. **Journal of Agricultural Sciences**, v. 14, n. 2, p. 95-103, 2022.

COMERIO, M.; VERDIN FILHO, A. C.; SENRA, J. F. B.; VOLPI, P. S.; ANDRADE, S.; FERRAO, R. G.; FERRAO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; MENDONCA, R. F.; TOMAZ, M. A.; COLODETTI, T. V.; RODRIGUES, W. N.; ARMANI, E.; FORNACIARI, G.; PEREIRA, M. S.; ZANONI, K. P.; ZANONI JUNIOR, G. Análise comparativa de cafés conilon e arábica em sistema agroflorestal e em monocultivo. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 10., 2019, Vitória. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2019, 4p.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de café**. Brasília, DF, v.11, n. 1 primeiro levantamento, janeiro 2024.

CRUZ, C. D. **Programa Genes – Biometria**. 1ed. Viçosa: UFV, 2006, v. 1, 668p.

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

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2014. v. 2, 668p.

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

DALBOSCO, E. Z. **Progresso genético a partir de índices de seleção aplicado no melhoramento intrapopulacional do maracujazeiro azedo**. 2015. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da Serra, 2015.

DALBOSCO, E. Z.; KRAUSE, W.; KRAUSE, D. P.; FACHI, L. R.; DALLACORT, R.; VIANA, A. P. Restricted selection indexes used in sour passion fruit intrapopulational recurrent selection. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 62, p.1-7, 2019.

DUBBERSTEIN, D.; OLIVEIRA, M. G.; AOYAMA, E. M.; GUILHEN, J. H. S.; FERREIRA, A.; MARQUES, I.; RAMALHO, J. C.; PARTELLI, F. L. Diversity of leaf stomatal traits among *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner genotypes. **Agronomy**, v. 11, n. 6, p. 1126, 2021.

ELSTON, R. C. A weight-free index for the purpose of ranking or selection with respect to several traits at a time. **Biometrics**, Alexandria, v. 19, n. 1, p. 85-97, 1963.

ESPINDULA, M. C.; DALAZEN, J. R.; ROCHA, R. B.; TEIXEIRA, A. L.; DIOCLECIANO, J. M.; DIAS, J. R. M.; SCHMIDT, R.; LIMA, P. P.; LIMA, G. M.; GAMA, W. **Robustas Amazônicas: os cafeeiros cultivados em Rondônia**. Brasília, DF: Embrapa, 2022. 144 p.

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Tradução José Carlos Silva e Martinho de Almeida e Silva. Viçosa, MG: UFV, 1981. 279 p.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to Quantitative Genetics**. Longman Pearson. 4 edition. 1996, 480p.

FERRÃO, R. G.; et al. Parâmetros genéticos em café Conilon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 1, p. 61-69, 2008.

FERRÃO, R.G.; FERRÃO, M.A.G.; FONSECA, A.F.A.; VOLPI, P.S.; VERDIN FILHO, A.C.; PASCOVA, B.E.V.; FERRÃO, L.F.V. *Coffea canephora* Breeding. In: FERRÃO, R.G.; FONSECA, A.F.A.; FERRÃO, M.A.G.; De MUNER, L.H. **Conilon Coffee**. 3. ed. Vitória: Incaper, 2019b. p. 145-201.

FERRÃO, R.G.; FONSECA, A.F.A.; FERRÃO, M.A.G.; De MUNER, L.H. **Conilon Coffee**. 3. ed. Vitória: Incaper, 2019a. 973p.

FERREIRA, A.; CECON, P. R.; CRUZ, C. D.; FERRÃO, R. G.; SILVA, M. F.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G. Seleção simultânea de *Coffea canephora* por meio da combinação de análise de fatores e índices de seleção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 12, p.1189–1195, 2005.

GRANATE, M. J.; CRUZ, C. D.; PACHECO, C. A. P. Predição de ganho genético com diferentes índices de seleção no milho pipoca CMS-43. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 7, p. 1001-1008, 2002.

HAMAWAKI, O.T.; SOUSA, L.B.; ROMANATO, F.N.; NOGUEIRA, A.P. O.; SANTOS JÚNIOR, C.D.; POLIZEL, A.C. Genetic parameters and variability in soybean genotypes. **Comunicata Scientiae**, v. 3, p. 76-83, 2012.

HAZEL, L.N. The genetics basics for constructing selections indexes. **Genetics**, v. 28, p. 476-490, 1943.

- JESUS, M. S.; PASSOS, A. R.; DINIZ, R. P. Selection indexes and principal components for agronomic and bromatological traits in forage cactus. **Revista Caatinga**, v. 36, n. 1, p. 189–198, 2023.
- LAVIOLA, B. G.; MAURI, A. L.; MARTINEZ, H. E. P.; ARAÚJO, E. F.; NEVES, Y. P. Influência da adubação na formação de grãos mocas e no tamanho de grãos de café (*Coffea arabica* L.). **Coffee Science**, v. 1, n. 1, p. 36-42, 2006.
- LESSA, L. S.; LEDO, C. A. S.; SANTOS, V. S.; SILVA, S. O. E; PEIXOTO, C. P. Seleção de híbridos diplóides (AA) de bananeira com base em três índices não paramétricos. **Bragantia**, v. 69, p. 525-534, 2010.
- LOPES JÚNIOR, H.; ROCHA, R. B.; KOLLN A. M.; GOMES, R. L.; ALVES, E. A.; TEIXEIRA, A. L. Propriedades de engenharia de grãos dos genótipos de *Coffea canephora* mais cultivados na Amazônia Ocidental. **DELOS: Desarrollo Local Sostenible**, v.17, n.51, p. 01-18, 2024.
- MARCOLAN, A. L.; ESPINDULA, M. C. (Eds.). **Café na Amazônia**. Brasília: Embrapa, 1. ed., 2015, 474p.
- MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S.R.; FERNANDES, D. R. **Cultura do café no Brasil – novo manual de recomendações**. Fundação PROCAFÉ, MAPA, SARC/PROCAFÉ – SPAE/DECAF. 2005, 438p.
- MORAES, B. F. X.; GONÇALVES, F. M. A.; FARIA, M. P. C.; GIROTO, V. S.; TEIXEIRA, D. H. L.; BOTELHO, C. E.; CARVALHO, S. P. Índices de seleção para identificação de progênies superiores de café arábica. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 8., 2013, Salvador. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2013, 3p.
- MULAMBA, N.N.; MOCK, J.J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egypt Journal of Genetic and Cytology**, v. 7, p. 40-51, 1978.
- PEDROZO, C.; BENITES, F.; BARBOSA, M.; RESENDE, M. D.; LOPES, S. F. Eficiência de índices de seleção utilizando a metodologia REML/BLUP no melhoramento da Cana-De-Açúcar. **Scientia Agraria**, v. 10, n. 1, p. 31-36, 2009.

RAMALHO, A. R.; ROCHA, R. B.; SOUZA, F. F.; VENEZIANO, W.; TEIXEIRA, A. L. Progresso genético da produtividade de café beneficiado com a seleção de clones de cafeeiro ‘Conilon’. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 3, p. 516-523, 2016.

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

RESENDE, M.D.V. **Genética Quantitativa e de Populações**. Viçosa-MG: Suprema, 2015, 463p.

REZENDE, J. C.; BOTELHO, C. E.; OLIVEIRA, A. C. B.; SILVA, F. L.; CARVALHO, G. R.; PEREIRA, A. A. Genetic progress in coffee progênies by diferente selection criteria. **Coffee Science**, v. 9, n. 3, p. 347-353, 2014.

ROCHA, R. B.; TEIXEIRA, A. L.; RAMALHO, A. L.; SOUZA, F. F. Melhoramento de *Coffea canephora* – considerações e metodologias. In: MARCOLAN, A. L.; ESPINDULA, M. C. (Eds.). **Café na Amazônia**. Brasília: Embrapa, 1. ed., p. 99-126, 2015.

RODRIGUES, W. N.; BRINATE, S. V. B.; MARTINS, L. D.; COLODETTI, T. V.; TOMAZ, M. A. Genetic variability and expression of agromorphological traits among genotypes of *Coffea arabica* being promoted by supplementary irrigation. **Genetics and Molecular Research**, v.16, n.2, gmr16029563, 2017.

SANTOS, C. S.; PEREIRA, F. A. C.; MAURI, J.; VIANA, M. T. R.; RODRIGUES, G. C.; VEIGA, A. D.; BARTHOLO, G. F.; CARVALHO, M. A. F. Assessment of leaf anatomic and physiological characteristics and genetic divergence among *Coffea arabica* L. cultivars in the Brazilian Savanna. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 52, e73265, 2022

SILVA, D. O.; FERREIRA, F. M.; ROCHA, R. B.; ESPINDULA, M. C.; SPINELLI, V. M. Genetic progress with selection of *Coffea canephora* clones of superior processed coffee yield. **Ciência Rural**, v.48: 03, e20170443, 2018.

SILVA, L. O. E.; SCHMIDT, R.; ALMEIDA, R. N.; FEITOZA, R. B. B.; CUNHA, M.; PARTELLI, F. L. Morpho-agronomic and leaf anatomical traits in *Coffea canephora* genotypes. **Ciência Rural**, v. 53, n. 7, e20220005, 2023.

SILVA, V. A.; MACHADO, J. L.; REZENDE, J. C.; OLIVEIRA, A. L.; FIGUEIREDO, U. J.; CARVALHO, G. R.; FERRÃO, M. A. G.; GUIMARÃES, R. J. Adaptability, stability, and

genetic divergence of conilon coffee in Alto Suaçuí, Minas Gerais, Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, n.17, p.25-31, 2017.

SMITH, H.F. A discriminant function for plant selection. **Annual of Human Genetics**, v. 7, p. 240-250, 1936.

SOUSA, L. A.; MACIAL, G. M.; JULIATTI, F. C.; BELOTI, I. F.; CARDOSO, D. B. O.; SIQUIEROLI, A. C. S. Genetic parameters and selection of biofortified lettuce genotypes based on selection indices. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.25, n.11, p.772-778, 2021.

STARLING, L. C. T.; MARTINS, L. D.; RODRIGUES, W. N.; REINICKE, T. M.; COLODETTI, T. V.; AMARAL, J. F. T.; PARTELLI, F. L.; TOMAZ, M. A.; ESPINDULA M. C. Genetic diversity in nutritional parameters in response to drought of *Coffea canephora* cultivated in Rondonia state, Brazil. **Genetics and Molecular Research** n.18, v.2, gmr18300, 2016.

TASSONE, G. A. T.; NADALETI, D. H. S.; CARVALHO, G. R.; PEREIRA, F. A. C.; ANDRADE, V. T.; BOTELHO, C. E. Simultaneous selection in coffee progenies of Mundo novo by selection indices. **Coffee Science**, v.14, p.83-92, 2019.

TEIXEIRA, C. A. D. Apresentação. In: MARCOLAN, A. L.; ESPINDULA, M. C. (Eds.). **Café na Amazônia**. Brasília: Embrapa, 1. ed., p. 13-14, 2015.

TORRES, J. D.; ESPINDULA, M.C.; ARAUJO, L.F.B.; MARCOLAN, A.L.; ROCHA, R.B. Grain Yield of coffee plants fertilized with different doses of 20-00-20 NPK formulation under rainfed conditions. **Revista Caatinga**, v.34, p.486-493, 2021.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Revista Brasileira de Genética, 1992. 486p.

### Capítulo III

#### DISCUSSÃO INTEGRADORA

Por muito tempo, a cafeicultura de Rondônia foi caracterizada por baixos padrões de qualidade física e sensorial dos grãos, bem como por produtividades insatisfatórias. Essa realidade esteve sempre relacionada ao baixo aporte de tecnologias. Desde o início da colonização incentivada, nas décadas de 1960 e 1970, até o fim da primeira década do milênio 2000, não existia cultivares clonais adaptadas as condições de clima e solo da Amazônia e isso afetava todo o restante do processo produtivo, comprometendo a produtividade das lavouras e a qualidade dos cafés produzidos.

A partir da segunda metade da década de 2000, o uso de clones selecionados por agricultores nas condições de solo e clima de Rondônia permitiu o aumento da densidade de plantio, a padronização dos tratos culturais como podas, adubação, irrigação e controle fitossanitário aumentando assim a produtividade das lavouras. Para além disso, o uso de clones permitiu a utilização do uso do sistema ‘clone em linha’ onde os genótipos são dispostos em linhas de cultivo individuais, permitindo a colheita escalonada, selecionando os linhas de plantio com maturação uniforme, incrementando assim a qualidade dos cafés produzidos.

A abordagem predominante na seleção de genótipos durante esse período foi amplamente orientada para a maximização da produtividade. Esta ênfase se deu em grande parte pela ausência de diferenciação no pagamento de acordo com a qualidade da bebida, o que levou os cafeicultores a priorizar características que aumentassem a quantidade de café produzido sem considerar significativamente a qualidade do produto final. Com o passar dos anos, houve uma transformação nas demandas do mercado e nas expectativas dos consumidores, que começaram a valorizar cada vez mais a qualidade do café. O aumento das exigências por cafés de alta qualidade e a introdução de sistemas de remuneração diferencial com base na qualidade da bebida começaram a influenciar as práticas de cultivo. A partir desse ponto, a qualidade do café passou a ser um critério importante na escolha de genótipos para renovação e expansão dos cafezais.

A iniciativa pública tem um papel fundamental no avanço da cafeicultura em Rondônia, promovendo tanto a produtividade quanto a qualidade do café produzido na região. As pesquisas desenvolvidas pela Embrapa desde a introdução do café, com o apoio do governo do estado, estabeleceram bases sólidas para o desenvolvimento da cultura. A assistência técnica oferecida pela Secretaria de Agricultura, por meio da Emater, e mais recentemente pelo SENAR, tem sido essencial para capacitar os produtores, enquanto ações do Instituto Federal de Rondônia (IFRO) têm contribuído para o reconhecimento da qualidade do café. O Concurso de

Qualidade do Café- CONCAFÉ, que em 2024 celebrou sua 9ª edição, serve como um importante estímulo à elevação dos padrões de qualidade, com o apoio da iniciativa privada através de premiações. Essas iniciativas em conjunto não apenas elevaram o café de Rondônia a um patamar de destaque nacional, mas também internacional, resultando em vitórias em diversas edições de concursos de qualidade, incluindo aqueles realizados durante a Semana Internacional do Café.

A escolha dos principais genótipos atualmente predominantes nas lavouras de café em Rondônia foi conduzida pelos próprios cafeicultores, sem a aplicação de metodologias sistemáticas típicas de um programa formal de melhoramento genético. Essa abordagem prática e empírica resultou na escolha de genótipos que, embora adaptados às condições locais, não foram submetidos a um processo científico rigoroso de avaliação e otimização, sendo crucial a realização de estudos que avaliem de forma abrangente o desempenho desses genótipos tanto em termos de produtividade quanto de qualidade de bebida. A realização dessas pesquisas permitirá uma compreensão detalhada das características agronômicas e sensoriais dos genótipos, podendo oferecer subsídios valiosos para a utilização desses genótipos em novos plantios e renovações de cafezais, contribuindo para a otimização das práticas de cultivo e obtenção de rendimentos agronômicos superiores.

Além disso, os dados gerados por essas pesquisas são fundamentais para a inclusão desses genótipos em programas formais de melhoramento genético, possibilitando a seleção e o desenvolvimento de cultivares ainda mais promissores e adaptados às condições específicas de cultivo em Rondônia. Portanto, a condução de investigações que avaliem a produtividade e a qualidade de bebida desses genótipos não apenas auxilia na aplicação prática imediata, mas também contribui para a base científica necessária para um programa de melhoramento genético efetivo, maximizando o potencial desses materiais e promovendo o avanço da cafeicultura na região.

De encontro a essas demandas, no Capítulo I, o foco foi na avaliação da qualidade sensorial dos clones cultivados em dois ambientes contrastantes, Porto Velho e São Felipe d'Oeste, Rondônia. Foram analisados 15 clones utilizando o Protocolo de Degustação de Robusta Finos, que quantifica a qualidade da bebida com notas de 0 a 100 pontos. A análise de variância simples e conjunta, juntamente com as estimativas de parâmetros genéticos, indicou que a interação entre genótipos e ambientes foi significativa, demonstrando que os clones exibiram desempenho variado nos diferentes ambientes. Os resultados destacaram que o efeito genotípico predominou na expressão dos atributos sensoriais, sendo mais relevante que o efeito ambiental. Dez dos genótipos avaliados apresentaram notas acima de 80 pontos, classificados como Robustas Finos, enquanto os demais obtiveram notas superiores a 76 pontos,

classificando-se como de bebida muito boa. Clones como AS7, AS1, N8(G8), L1, R152, AS5, LB15 e R152 mostraram maior adaptabilidade e estabilidade, com notas acima de 80 pontos em ambos os ambientes, enquanto AR106 e N13 apresentaram desempenho inferior independentemente do ambiente estudado, evidenciando que nas condições de cultivo destes locais estes genótipos não se enquadram como cafés especiais.

No Capítulo II, a análise foi direcionada para os aspectos produtivos e a utilização de índices de seleção para quantificar os ganhos na produtividade e características físicas dos grãos. Foram avaliados 31 genótipos comerciais. As análises de variância evidenciaram diferenças significativas entre os genótipos em relação à produtividade, massa de grãos e peneira média. Os parâmetros genéticos mostraram forte controle genético sobre essas características, com herdabilidades superiores a 78%. Alguns genótipos, como SK41, destacaram-se pela maior massa de 1000 grãos, enquanto LB88 e N13 apresentaram peneira média 18. A ampla variabilidade genética permitiu a seleção de genótipos superiores utilizando diferentes índices de seleção, com taxa de coincidência de 50%, destacando N8(G8), GB4 e L1 em todas as metodologias empregadas.

Os dois estudos evidenciaram que há forte controle genético sobre os atributos sensoriais e produtivos dos genótipos de *Coffea canephora* mais cultivados nas lavouras rondonienses. Essa conclusão é sustentada pelos elevados valores de herdabilidade e coeficiente de variação genético observados, os quais, em alguns casos, superaram o coeficiente de variação ambiental.

Em ambos os estudos, também ficou evidente que há grande variabilidade entre os genótipos estudados, o que reforça a possibilidade de utilização desses genótipos como genitores em programas de melhoramento genético. A interação genótipo-ambiente observada no estudo, realizado no Capítulo I, destaca a necessidade de condução de estudos de adaptabilidade e estabilidade dos genótipos em diferentes regiões do estado para a recomendação de plantio desses materiais em distintas localidades.

Esses resultados sublinham a importância do controle genético na expressão das características de qualidade de bebida e produtividade dos genótipos de *Coffea canephora*, ao mesmo tempo em que apontam para a necessidade de estratégias específicas de manejo e seleção para otimizar o desempenho dos clones em variados ambientes de cultivo. A ampla variabilidade genética encontrada entre os genótipos sugere um vasto potencial para a seleção de materiais superiores que possam ser utilizados tanto para fins comerciais quanto para o desenvolvimento de novos cultivares adaptados às condições específicas da Amazônia Ocidental.

Analisando os resultados de cada um dos estudos conduzidos, é possível observar que os atributos sensoriais e produtivos não são inversamente proporcionais. Os genótipos com melhores pontuações de bebida também podem figurar entre os mais produtivos. Essa constatação ressalta a importância de conduzir estudos que avaliem de forma conjunta ambas as características e o grau de correlação entre elas. Dessa forma, é possível identificar genótipos que combinam alta qualidade sensorial com elevada produtividade, proporcionando informações valiosas para programas de melhoramento genético e para a recomendação de cultivares que atendam simultaneamente às exigências de qualidade do mercado e à eficiência produtiva.

Por fim, é importante destacar que a seleção de genótipos realizada, mesmo que empiricamente, pelos cafeicultores foi crucial para os avanços na cafeicultura rondoniense. Essa prática é evidenciada tanto pela variabilidade dos genótipos quanto pelo comportamento individual observado em atributos sensoriais e produtivos. A variabilidade genética presente nos genótipos selecionados reflete uma ampla gama de características desejáveis, indicando um processo de seleção eficaz. Observa-se a existência de materiais que combinam alta qualidade de bebida com elevada produtividade, demonstrando que a seleção empírica efetuada pelos agricultores resultou em genótipos superiores que atendem às demandas tanto do mercado quanto dos produtores locais. Esses avanços contribuíram significativamente para o aprimoramento da produção cafeeira na região, destacando a importância do conhecimento tradicional e da experiência prática dos cafeicultores no desenvolvimento de clones adaptados às condições edafoclimáticas de Rondônia.

#### 4. CONCLUSÕES

Os estudos revelam uma significativa variabilidade genética entre os genótipos de *Coffea canephora*, tanto para atributos sensoriais quanto produtivos. A elevada herdabilidade indica um forte controle genético sobre essas características, o que é essencial para programas de melhoramento genético.

Alguns genótipos, como AS7, LB15, AS1, AS5, L1, N8(G8) e R152, demonstraram desempenho superior na qualidade da bebida em ambientes distintos. Por outro lado, alguns genótipos como AR106 e N13 apresentaram desempenho inferior independentemente do local de cultivo. Em termos de produtividade, genótipos como N15, AS1, N16, R22, VP156, LB80, GB4, L1, N8(G8), LB33 e AR106 destacaram-se, com uma produtividade média estimada de 134,2 sacas ha<sup>-1</sup>.

Foram avaliados diferentes índices de seleção, com o Índice Smith Hazel proporcionando o maior ganho total. Genótipos como N8(G8), GB4 e L1 foram consistentemente selecionados pelos métodos de seleção estudados, destacando-se pela produtividade, dimensão e massa dos grãos.

A interação entre genótipos e ambientes impactou significativamente a qualidade da bebida, evidenciando a necessidade de estudos adicionais sobre a adaptabilidade e estabilidade dos genótipos em diferentes regiões para otimizar o desempenho em diversas condições de cultivo.

O estudo enfatiza a importância do controle genético na expressão das características de qualidade e produtividade. A variabilidade genética observada sugere um grande potencial para a seleção de genótipos superiores, tanto para fins comerciais quanto para o desenvolvimento de novos cultivares adaptados às condições da Amazônia Ocidental.

Os resultados indicam que atributos sensoriais e produtivos não são inversamente proporcionais. Genótipos com melhores pontuações de bebida também podem exibir alta produtividade, o que é crucial para programas de melhoramento que visam otimizar ambas as características simultaneamente.

A seleção empírica realizada pelos cafeicultores locais foi fundamental para os avanços na cafeicultura em Rondônia. A variabilidade genética observada e o desempenho dos genótipos refletem a eficácia da seleção realizada pelos produtores, destacando a importância do conhecimento tradicional na escolha de clones adaptados às condições específicas da região.

## ANEXOS

## COMPROVANTES DE SUBMISSÃO E/OU ACEITAÇÃO DOS ARTIGOS

## InterSciencePlace



International Scientific Journal – ISSN: 1679-9844  
 Nº 3, volume 18, article nº 03, July/September 2023  
 D.O.I: <http://dx.doi.org/10.6020/1679-9844/v18n3a3>  
 Accepted: 10/04/2022 Published: 20/09/2023

**DIVERGÊNCIA GENÉTICA DOS ATRIBUTOS SENSORIAIS  
 DE CLONES DE *Coffea canephora* CULTIVADOS NA  
 AMAZÔNIA OCIDENTAL**

**GENETIC DIVERGENCE OF THE SENSORY PROPERTIES  
 OF *Coffea canephora* CLONES GROWN IN THE WESTERN  
 AMAZON**

**Larissa Cristina Torrezani Starling Reinleke**

Doutoranda em Biodiversidade e Biotecnologia na Amazônia Legal pela Rede Bionorte  
 (Desde 2020). Professora do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do Instituto Federal De  
 Rondônia Campus Cacoal.

[larissa.starling@ifro.edu.br](mailto:larissa.starling@ifro.edu.br)

**Marcelo Curitiba Espindula**

Doutorado em Fitotecnia (Produção Vegetal) pela Universidade Federal de Viçosa,  
 Brasil(2010)

Docente em programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Rondônia , Brasil  
 Bolsista de Produtividade em Pesquisa 1D

[marcelo.espindula@embrapa.br](mailto:marcelo.espindula@embrapa.br)

**Rodrigo Barros Rocha**

Doutorado em Genética e Melhoramento pela Universidade Federal de Viçosa, Brasil(2007)  
 Pesquisador do Embrapa - Centro de Pesquisa Agroflorestal de Rondônia , Brasil

Bolsista de Produtividade em Pesquisa 2

[rodrigo.rocha@embrapa.br](mailto:rodrigo.rocha@embrapa.br)

**Resumo**

O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade de bebida de genótipos do cafeeiro *Coffea canephora* cultivados em dois ambientes contrastantes da Amazônia Ocidental. Foram avaliados 15 clones comercializados em domínio público nos ambientes de Porto Velho e São Felipe d'Oeste,



## DIVERGÊNCIA GENÉTICA E ÍNDICES DE SELEÇÃO DOS ATRIBUTOS PRODUTIVOS DE CLONES DE *Coffea canephora* CULTIVADOS NA AMAZÔNIA OCIDENTAL

## GENETIC DIVERGENCE AND SELECTION INDICES OF PRODUCTIVE TRAITS IN *Coffea canephora* CLONES CULTIVATED IN WESTERN AMAZONIA

### **Larissa Cristina Torrezani Starling Reinken**

Doutoranda em Biodiversidade e Biotecnologia na Amazônia Legal pela Rede Bionorte (Desde 2020). Professora do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do Instituto Federal de Rondônia Campus Cacoal.

[larissa.starling@ifro.edu.br](mailto:larissa.starling@ifro.edu.br)

### **Marcelo Curitiba Espindula**

Doutorado em Fitotecnia(Produção Vegetal) pela Universidade de Viçosa, Brasil(2010) Docente no Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Rondônia, Brasil, Bolsista de Produtividade em Pesquisa 1D

[marcelo.espindula@embrapa.br](mailto:marcelo.espindula@embrapa.br)

### **Rodrigo Barros Rocha**

Doutorado em Genética e Melhoramento pela Universidade Federal de Viçosa, Brasil(2007), Pesquisador da Embrapa – Centro de Pesquisa Agroflorestal de Rondônia, Brasil, Bolsista de Produtividade em Pesquisa 2

[rodrigo.rocha@embrapa.br](mailto:rodrigo.rocha@embrapa.br)

**Resumo** – A seleção genética, especialmente por meio da seleção clonal de *Coffea canephora*, tem sido uma estratégia essencial para o desenvolvimento da cafeicultura rondoniense, visando aumentar a produtividade e a qualidade dos grãos. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi quantificar os ganhos com a seleção para a produtividade e características físicas de grãos de genótipos de *Coffea canephora* cultivados na Amazônia Ocidental. Foram avaliados 31 genótipos comerciais selecionados por cafeicultores do estado de Rondônia e comercializados em domínio público. Ao atingir o ponto de maturação, os grãos foram colhidos, secos, beneficiados e pesados para