



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 Reinicke

Doutoranda em Bioversidade 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

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

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

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 x 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 (IDARON, 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, Moraes *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)¹. (Tabela 1).

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

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 x ambiente para os atributos sensoriais dos grãos torrados e moídos.

Responsável pela Seleção	Município	Clone
		LB15
Laerte Braun	Alto Alegre dos Parecis	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
		AS1
Ademar Schmidt	Alta Floresta D'Oeste	AS5
		AS7
Ronaldo G Oliveira	Alta Floresta D'Oeste	R152
		N13
Nivaldo Ferreira	Cacoal	N16
		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 mg.dm ⁻³	K g	Ca	Mg	H+Al cmol.dm ⁻³	Al	M.O. g.kg ⁻¹	V %
Porto Velho ¹	5,4	2,0	0,09	1,48	1,02	13,53	0,87	51,0	16,0
São Felipe D'Oeste ²	5,69	46,7	0,4	2,0	1,0	5,9	1,2	27,0	37,0

¹ 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; ² 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.

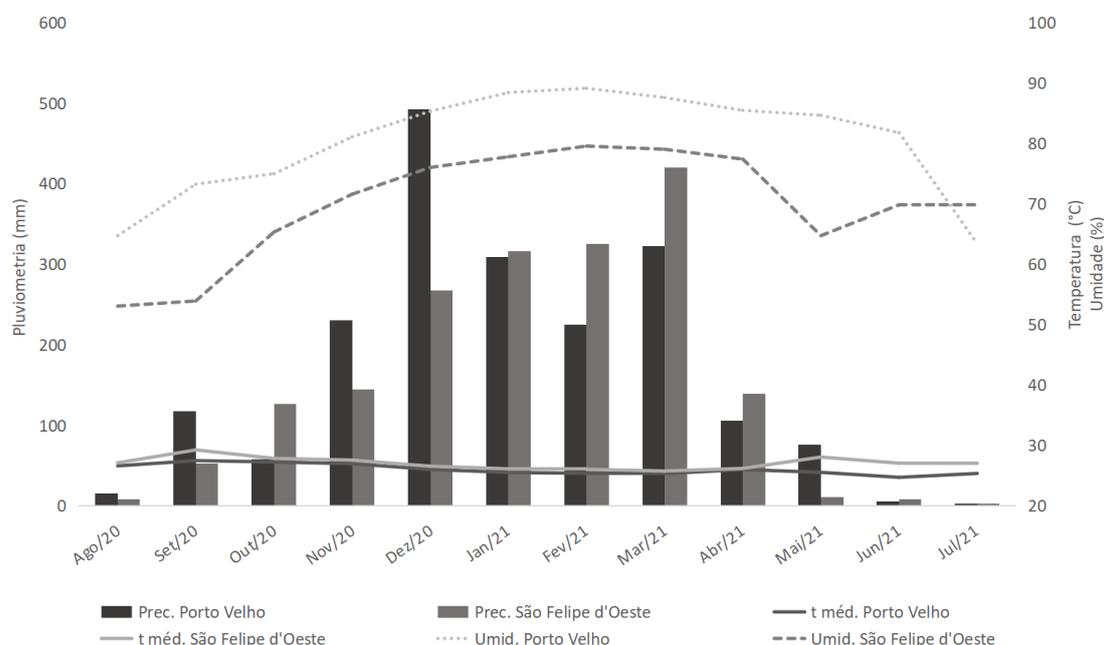


Figura 1. Precipitação, umidade e temperatura média nas lavouras de Porto Velho e São Felipe d'Oeste durante a safra 20/21.

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 Agrtron-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 (juizes/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^{th} genótipo no j^{th} ambiente na k^{th} repetição; m é a média experimental; G_i é o efeito do i^{th} genótipo (clone); A_j é o efeito do j^{th} ambiente; GA_{ij} é o efeito da interação entre o i^{th} genótipo e o j^{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^{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 a 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 _{méd}	NF _{máx}	NF _{mín}	I _j	CV%	H ²	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_{méd}: nota final média; NF_{máx}: nota final máxima; NF_{mín}: nota final mínima; I_j: índice de qualidade ambiental; CV%: coeficiente de variação; H²: 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 (H²) 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 ^{ns}
Teste F (ambiente)	0,17 ^{ns}
Teste F (Interação GxE)	4,83 ^{**}
Média	80,28
Variância genotípica (Vg)	0,68
Variância da interação GxE (Vga)	3,03
Variância residual (Vres)	5,065
Coefficiente de determinação genotípica (H ²)	24,98
Correlação intraclasse (r)	7,74
Coefficiente da variação genética (CVg)	1,03
Coefficiente de variação (CVe)	2,80
Razão CVg/CVe	0,37

^{ns} - não-significativo; ^{**} - significativo a 1% de probabilidade.

Estimativas de H² 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, 1960).

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 (≥ 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.

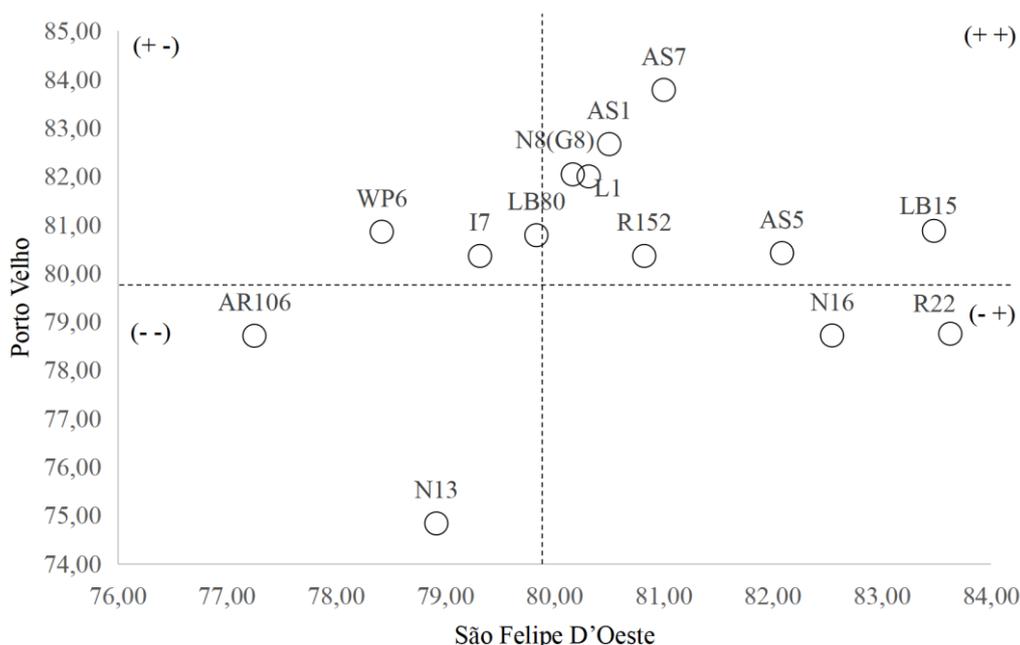


Figura 2 - Gráfico de dispersão da pontuação média (0 a 100) dos atributos sensoriais dos grãos torrados e moídos, pelo Protocolo de Degustação de Robustas Finos.

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 esquerdo, 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 Morais *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, LB15e 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/template/s/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. *Ciencia 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.