



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA



THAYNA VIENCZ

**CAFÉS ROBUSTAS AMAZÔNICOS: PERFIL DE
COMPOSIÇÃO, CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS, E
ACEITAÇÃO PELO CONSUMIDOR**

Londrina
2023

THAYNA VIENCZ

**CAFÉS ROBUSTAS AMAZÔNICOS: PERFIL DE
COMPOSIÇÃO, CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS, E
ACEITAÇÃO PELO CONSUMIDOR**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Ciência de Alimentos, da Universidade Estadual de
Londrina, como requisito à obtenção do Título de Doutor
em Ciência de Alimentos

Orientador: Profa. Dra. Marta de Toledo Benassi
(<http://lattes.cnpq.br/7409756675845441>)

Coorientador: Prof. Dr. Rodrigo Barros Rocha
(<http://lattes.cnpq.br/8295625748916004>)

Londrina
2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UE

Viencz, Thayna .

Cafés Robustas Amazônicos: perfil de composição, características sensoriais, e aceitação pelo consumidor / Thayna Viencz. - Londrina, 2023.
129 f. : il.

Orientador: Marta de Toledo Benassi.

Coorientador: Rodrigo Barros Rocha.

Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, 2023.

Inclui bibliografia.

1. Coffea canephora - Tese. 2. Híbridos intervarietais - Tese. 3. Rondônia - Tese. 4. Robusta - Tese. I. Benassi, Marta de Toledo. II. Rocha, Rodrigo Barros. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos. IV. Título.

CDU 641.1

THAYNA VIENCZ

**CAFÉS ROBUSTAS AMAZÔNICOS: PERFIL DE
COMPOSIÇÃO, CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS, E
ACEITAÇÃO PELO CONSUMIDOR**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito à obtenção do Título de Doutor em Ciência de Alimentos

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Profa. Dra. Marta de Toledo Benassi
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. André Luiz Buzzo Mori
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Dra. Daneysa Lahis Kalschne
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR
Campus Medianeira

Profa. Dra. Sandra Helena Prudencio
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Profa. Dra. Tatiana Colombo Pimentel
Instituto Federal do Paraná – IFPR *Campus Paranavaí*

Londrina, 03 de outubro de 2023

Aos meus pais Wilson e Ana (*in memoriam*),
com muito orgulho eu lhes dedico esta tese.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida, por me proteger e abençoar o meu caminho e me permitir alcançar essa conquista.

Aos meus pais Wilson e Ana (*in memoriam*), pelo amor incondicional e preocupação comigo, pelo apoio e incentivo em seguir na vida acadêmica.

A minha irmã Taciane, pelo companheirismo e amizade.

Ao meu namorado Bruno, pelo companheirismo e compreensão neste período de distância.

A minha orientadora Dra. Marta de Toledo Benassi, pela dedicação em todo esse período de orientação, ensinamentos, conselhos, paciência, amizade, atenção e apoio incondicional em momentos difíceis que compartilhamos. Por ser essa profissional admirável e tão humana.

Ao meu coorientador Dr. Rodrigo Barros Rocha pelos ensinamentos, atenção e auxílio todas as vezes que precisei. Por ser esse profissional excelente e confiar em minhas mãos este lindo material de pesquisa os “Robustas Amazônicos”.

Ao nosso parceiro de pesquisa Dr. Enrique Anastácio Alves pela troca de experiências sobre análise sensorial com café. Por ser esse profissional apaixonado pelo que faz e ceder informações preciosas dos “Robustas Amazônicos” para a minha pesquisa.

Aos meus amigos e irmãos científicos do grupo do café Claudimara, Lucas, Julyene e Karen, pelo acolhimento quando cheguei ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, pelo auxílio de cada um nas análises em laboratório, troca de conhecimentos e pela amizade.

A minha amiga Danielly, pela companhia no laboratório durante as análises realizadas no período de pandemia, conversas e amizade.

Ao professor Dr. André Luiz Buzzo Mori, por ser tão prestativo e me ajudar quando precisei.

A Cintia e ao Denilson do Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná pelo auxílio no processo de torra de uma parte dos cafés da pesquisa.

A todas as amigas que fiz durante a Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, com aqueles que pude compartilhar muitos momentos.

Aos meus amigos de longa data que sempre se preocuparam comigo e me incentivaram nesta caminhada, que mesmo com a distância sempre se fizeram presentes.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação Araucária de Apoio e Desenvolvimento do Estado do Paraná pelo auxílio financeiro.

A todos aqueles que contribuíram de alguma forma para que este trabalho fosse realizado.

VIENCZ, Thayna. **Cafés Robustas Amazônicos: perfil de composição, características sensoriais, e aceitação pelo consumidor.** 2023. 129 p. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2023.

RESUMO

O objetivo do estudo foi caracterizar cafés *Coffea canephora* híbridos intervarietais produzidos na Amazônia Ocidental quanto à sua composição, e estudar características sensoriais das bebidas e aceitação pelo consumidor. Foram estudados cafés com boa qualidade de bebida desenvolvidos pela Embrapa Rondônia: os Robustas Amazônicos (BRS 1216, BRS 2299, BRS 2314, BRS 2336, BRS 2357, BRS 3137, BRS 3193, BRS 3210, BRS 3213 e BRS 3220), resultantes do cruzamento das variedades botânicas Conilon e Robusta. Foram avaliados o perfil de compostos bioativos (cafeína, trigonelina, ácidos clorogênicos, melanoidinas, e diterpenos) dos 10 cultivares clonais híbridos e de 57 cafés Robusta do banco de germoplasma da Embrapa. Considerando diferenças de composição e qualidade de bebida, BRS 2314 e BRS 2357 foram selecionados para o estudo sensorial. A partir desses clones foram produzidos cafés fermentados, permitindo avaliar o efeito da genética e fermentação nas características sensoriais e aceitação. Os grãos e as bebidas dos clones BRS 2314 e BRS 2357, na versão natural e fermentado, foram caracterizados quanto ao perfil de bioativos e outros parâmetros de qualidade. As bebidas foram caracterizadas por análise descritiva com avaliadores não treinados, empregando Perfil Flash para descrever o perfil sensorial, e Dominância Temporal de Sensações para definir os atributos dominantes. A aceitação e características sensoriais das bebidas foram avaliadas por consumidores em teste de uso doméstico, utilizando *Check-All-That-Apply*. Os Robustas Amazônicos tinham maiores teores de cafeína, ácidos clorogênicos, cafestol e diterpenos totais nos grãos torrados comparativamente aos Robusta cultivados na mesma região; destacando-se o clone BRS 2314, que apresentou os maiores teores desses mesmos compostos em relação ao conjunto dos Robustas Amazônicos. As bebidas produzidas a partir de BRS 2314 tinham maiores teores de cafeína e ácido 5-cafeoilquínico. Com a fermentação, as bebidas de ambos os clones apresentaram aumento da acidez titulável total e redução do pH. Os consumidores aceitaram todas as quatro bebidas (BRS 2314 e BRS 2357, na versão natural e fermentado) e perceberam o efeito da fermentação e da genética. A bebida do clone BRS 2314 natural foi caracterizada por atributos positivos para qualidade. As bebidas dos cafés naturais foram caracterizadas por apresentar maior intensidade e/ou maior citação dos atributos cor marrom/cor de café, aroma e sabor de café, aroma e sabor torrado, aroma e sabor doce, sabor de caramelo, pouco amargo, ácido, com dominâncias de sabor de café, tabaco, gosto amargo e ácido. As bebidas dos cafés fermentados foram caracterizadas por apresentar maior intensidade e/ou maior citação dos atributos encorpado e adstringente, aroma e sabor fermentado, aroma não característico e de ervas/medicinal, gosto amargo, residual amargo, não característico, e de ervas/medicinal, com dominâncias de sabor chocolate, fermentado e torrado, e gosto amargo. No geral, o conjunto das bebidas de cafés híbridos foi caracterizado pelos consumidores como apresentando aroma suave, sabor torrado, pouco ácido e pouco doce, no entanto a diversidade proporcionada pela genética e fermentação permitiu a obtenção de bebidas com várias características diferenciadas, atendendo as preferências de diferentes segmentos. Os resultados mostram o potencial de inserção dos Robustas Amazônicos no mercado consumidor brasileiro.

Palavras-chave: *Coffea canephora*; Híbridos intervarietais; Perfil Flash; TDS; CATA.

VIENCZ, Thayna. **Amazonian Robustas coffees: composition profile, sensory characteristics, and consumer acceptance.** 2023. 129 p. Thesis (Doctoral Degree in Food Science) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2023.

ABSTRACT

The objective of the study was to characterize intervarietal hybrid *Coffea canephora* coffees produced in the Western Amazon regarding their composition and to study the sensory characteristics of the beverages and consumer acceptance. Coffees with good cup quality developed by Embrapa Rondônia were studied: the Amazonian Robustas (BRS 1216, BRS 2299, BRS 2314, BRS 2336, BRS 2357, BRS 3137, BRS 3193, BRS 3210, BRS 3213 and BRS 3220), resulting from the genetic crossing of botanical varieties Conilon and Robusta. The profile of bioactive compounds (caffeine, trigonelline, chlorogenic acids, melanoidins, and diterpenes) of 10 hybrid clonal cultivars and 57 Robusta coffees from the Embrapa germplasm bank were evaluated. Two clones, BRS 2314 and BRS 2357, were selected for the sensory study, considering the differences in composition and quality of the coffee brews. Fermented coffees were produced from these clones, allowing the evaluation of the effect of genetics and fermentation on sensory characteristics and acceptance. Roasted beans and beverages from clones BRS 2314 and BRS 2357, in natural and fermented versions, were characterized regarding their bioactives profile and quality parameters. The coffee brews were characterized by descriptive analysis with untrained assessors, using Flash Profile, to describe the sensory profile, and Temporal Dominance of Sensations, to define the dominant attributes. The acceptance and sensory characteristics of the beverages were evaluated by consumers in a home use test using the Check-All-That-Apply method. The roasted beans of Amazonian Robustas showed higher levels of caffeine, chlorogenic acids, cafestol, and total diterpenes compared to Robusta ones cultivated in the same region; Clone BRS 2314 was highlighted by presenting the highest levels of these same compounds among the Amazonian Robustas set. Beverages produced from BRS 2314 had higher levels of caffeine and 5-caffeoylquinic acid. An increase in total titratable acidity and a reduction in pH was observed for beverages from both clones with the fermentation process. Consumers accepted all four beverages (BRS 2314 and BRS 2357, natural and fermented versions) and noticed the effect of fermentation and genetics. Positive attributes for cup quality characterized the BRS 2314 natural beverage. Natural coffee brews were characterized by having greater intensity and/or higher frequency of attribute citation for brown/coffee color, coffee aroma and flavor, roasted aroma and flavor, sweet aroma and flavor, caramel flavor, slightly bitter and sour taste, with a dominance of coffee and tobacco flavor, and bitter and sour taste. Fermented coffee beverages were characterized by having greater intensity and/or higher frequency of attribute citation for full-bodied texture and astringent sensation, fermented aroma and flavor, non-characteristic and herbal/medicinal aroma, bitter taste, bitter, non-characteristic, and herbal/medicinal aftertaste, with a dominance of chocolate, fermented and roasted flavor, and bitter taste. In general, the set of hybrid coffee brews was characterized by consumers as having a mild aroma and roasted flavor, being slightly sour and slightly sweet; however, the diversity provided by genetics and fermentation led to beverages with several different characteristics that allowed to meet preferences from different segments. The results showed the insertion potential of Amazonian Robustas in the Brazilian consumer market.

Keywords: *Coffea canephora*; Intervarietal hybrids; Flash profile; TDS; CATA

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Figura 1. Relações entre os teores de cafeína e diterpenos totais e entre os teores de cafestol e caveol para cafés *C. canephora*. Barras indicam desvio-padrão da média da variedade Robusta (n = 57 amostras), e dos híbridos intervarietais (n = 4, duplicatas de extração e analítica)..... 57

Figura 2. Análise de Componentes Principais (ACP) considerando a composição e a qualidade de bebida de cafés *C. canephora*: A) projeção das variáveis: cafeína, trigonelina, ácidos clorogênicos totais (ACG), melanoidinas, caveol, cafestol, 16-O-metilcafestol (16-OMC), diterpenos totais e notas sensoriais. B) Gráfico de amostras. Identificação para Robustas - R1 a R57 (Tabela A.2). Identificação para híbridos intervarietais - BRS (Tabela A.3)..... 60

CAPÍTULO 3

Figure 1. Roasting curves of *C. canephora* coffees. Clones: BRS 2314 and BRS 2357; N corresponds to natural coffees, F to fermented ones. 79

Figure 2. Principal Component Analysis (PCA) considering the physicochemical composition of *C. canephora* coffee brews. A) Projection of the variables: pH, total titratable acidity (TTA), total soluble solids (TSS), caffeine, trigonelline, and 5-caffeoylquinic acid (5-CQA). B) Sample plot: Clones BRS 2314 and BRS 2357; N corresponds to natural coffees, F to fermented ones. 86

Figure 3. Flash Profile (FP) two-dimensional consensus plot for the description of *C. canephora* brews. Clones: BRS 2314 and BRS 2357; N corresponds to natural coffees, F to fermented ones. 88

Figure 4. Dominance rate curves for *C. canephora* brews. Clones BRS 2314 and BRS 2357; N corresponds to natural coffees, F to fermented ones. 90

CAPÍTULO 4

Figure 1. Internal Preference Mapping for the *C. canephora* brews: configuration of the samples and participants. Each group of consumers was represented by the symbols: Group I (■ with sugar, □ no sugar; BRS 2314N and BRS 2357N coffee brews); Group II (● with sugar, ○ no sugar; BRS 2314F coffee brew); Group III (▲ with sugar, Δ no sugar; BRS 2357F coffee brew)..... 111

Figure 2. Correspondence Analysis plot for the description of *C. canephora* brews using Check-All-That-Apply. Coffee brews: BRS 2314 and BRS 2357; N corresponds to natural coffees, F to fermented ones. Attributes are presented in red. 115

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Teores (g 100 g ⁻¹) de cafeína, trigonelina, ácidos clorogênicos totais (ACG), melanoidinas, caveol, cafestol e 16-O-metilcafestol (16-OMC) em cafés <i>C. canephora</i> da variedade Robusta.	50
Tabela 2. Teores (g 100 g ⁻¹) de cafeína, trigonelina, ácidos clorogênicos totais (ACG), melanoidinas, caveol, cafestol e 16-O-metilcafestol (16-OMC) em cafés <i>C. canephora</i> híbridos intervarietais.	54
Tabela S.1. Relação dos 10 cultivares híbridos intervarietais de <i>C. canephora</i> com a especificação da genealogia, o ciclo de maturação, o número identificador da cultivar e o número no Registro Nacional de Cultivares do MAPA.	68
Tabela S.2. Teores de ácido 5-cafeoilquínico (5-ACQ) e diterpenos totais e relações entre os teores de cafestol e caveol e teores de cafeína e diterpenos totais e notas para qualidade de bebida para cafés <i>C. canephora</i> da variedade Robusta.	69
Tabela S.3. Teores de ácido 5-cafeoilquínico (5-ACQ) e diterpenos totais e relações entre os teores de cafestol e caveol e teores de cafeína e diterpenos totais e notas para qualidade de bebida para cafés <i>C. canephora</i> híbridos intervarietais.	73
Tabela S.4. Matriz de correlação das variáveis de composição química e notas para qualidade de bebida de cafés <i>C. canephora</i>	74

CAPÍTULO 3

Table 1. Physicochemical characterization of <i>C. canephora</i> coffee brews.	84
Table 2. Parameters from Temporal Dominance of Sensations (TDS) curves of each attribute for <i>C. canephora</i> coffee brews.	91
Table S1. Attributes best correlated ($r \geq 0.5 $) with Dimensions 1 and 2 of each assessor in the Flash Profile (FP).	97

CAPÍTULO 4

Table 1. Contents of water-soluble compounds and diterpenes (g 100 g ⁻¹), and caffeine/total diterpenes ratio for <i>C. canephora</i> coffee (BRS 2314 and BRS 2357) in natural and fermented versions.	109
Table 2. Acceptance* of the <i>C. canephora</i> brews considering the total panel and the groups defined by the Internal Preference Mapping.	111
Table 3. Demographic data and personal information of participants considering the total panel and the groups defined by the Internal Preference Mapping ¹	112

Table 4. Frequency of terms citation for <i>C. canephora</i> brews (BRS 2314 and BRS 2357) in natural and fermented versions.	114
---	-----

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO, OBJETIVOS E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo geral	14
2.2 Objetivos específicos.....	14
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1 Cultura do café: origem, introdução no Brasil e importância econômica	15
3.2 Características botânicas, morfológicas e fisiológicas de <i>C. canephora</i>	17
3.3 Melhoramento genético de <i>C. canephora</i>	18
3.4 Colheita, pós-colheita, beneficiamento e fermentação para obtenção de café de boa qualidade	19
3.5 Composição: dos grãos verdes ao torrado e bebida	21
3.6 Qualidade de bebida e Protocolo de Degustação de Robustas Finos	25
3.7 Análise sensorial: Perfil Flash, Dominância Temporal de Sensações, <i>Check-All-That-Apply</i> e Teste de Aceitação	26
REFERÊNCIAS	29
CAPÍTULO 2: TEORES DE CAFEÍNA, TRIGONELINA, ÁCIDOS CLOROGÊNICOS, MELANOIDINAS E DITERPENOS DE CAFÉS <i>Coffea canephora</i> PRODUZIDOS NA AMAZÔNIA	41
1 INTRODUÇÃO	42
2 MATERIAIS E MÉTODOS	44
2.1 Reagentes, padrões e equipamentos.....	44
2.2 Materiais	45
2.3 Caracterização dos cafés torrados	46
2.3.1 Análise de compostos hidrossolúveis	47
2.3.2 Análise de diterpenos	48
2.4 Análise estatística	48
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
4 CONCLUSÃO	62
AGRADECIMENTOS	62
APOIO FINANCEIRO	62
REFERÊNCIAS	62
MATERIAL SUPLEMENTAR	68

CAPÍTULO 3: SENSORY DESCRIPTION OF BEVERAGES OF INTERVARIETAL HYBRIDS OF CONILON AND ROBUSTA: NATURAL AND FERMENTED COFFEES.....	75
1 INTRODUCTION.....	77
2 MATERIALS AND METHODS.....	78
2.1 Materials: coffee and coffee beverages.....	78
2.2 Physicochemical characterization.....	80
<i>2.3.1 Flash Profile.....</i>	<i>82</i>
<i>2.3.2 Temporal Dominance of Sensations.....</i>	<i>82</i>
3 RESULTS AND DISCUSSION.....	83
3.1 Physicochemical characterization.....	83
3.2 Sensory characterization.....	87
<i>3.2.1 Flash Profile.....</i>	<i>87</i>
<i>3.2.2 Temporal Dominance of Sensations.....</i>	<i>89</i>
4 CONCLUSIONS.....	92
ACKNOWLEDGMENTS.....	93
FUNDING.....	93
REFERENCES.....	93
SUPPLEMENTARY MATERIAL.....	97

CAPÍTULO 4: SENSORY CHARACTERIZATION AND ACCEPTANCE OF AMAZONIAN ROBUSTAS COFFEE BREWS BY CONSUMERS USING HOME-USE TEST.....	99
1 Introduction.....	101
2 Material and Methods.....	103
<i>2.1 Material.....</i>	<i>103</i>
<i>2.2 Chemical composition of the ground and roasted coffee.....</i>	<i>104</i>
<i>2.2.1 Water-soluble compounds analysis.....</i>	<i>105</i>
<i>2.2.2 Diterpenes analysis.....</i>	<i>105</i>
<i>2.3 Sensory analysis of coffee brews.....</i>	<i>106</i>
<i>2.3.1 Sensory acceptance.....</i>	<i>106</i>
<i>2.3.2 Check-All-That-Apply.....</i>	<i>107</i>
<i>2.4 Data analysis.....</i>	<i>107</i>
3 Results and Discussion.....	108
<i>3.1 Chemical composition characterization of the ground and roasted coffee.....</i>	<i>108</i>
<i>3.2 Sensory analysis of coffee brews.....</i>	<i>110</i>
<i>3.2.1 Sensory acceptance.....</i>	<i>110</i>
<i>3.2.2 Check-All-That-Apply.....</i>	<i>113</i>

4 Conclusion	115
Acknowledgments	116
Funding	116
References	116
Appendix	121
CONCLUSÃO GERAL E CONSIDERAÇÕES	123
CONCLUSÃO	124

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO, OBJETIVOS E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1 1 INTRODUÇÃO

2 O café é uma bebida levemente amarga, produzida a partir dos grãos (*Coffea* sp.)
3 torrados, amplamente consumida em todo o mundo. O Brasil destaca-se como o maior
4 produtor mundial de café, com média estimada para a safra de 2023 de 55 milhões de
5 sacas beneficiadas em uma área plantada de 2,25 milhões de hectares, aproximadamente
6 69% desta produção é composta pela espécie *Coffea arabica* e 31% pela espécie *Coffea*
7 *canephora* (CONAB, 2023a). Em paralelo a um expressivo consumo interno (segundo
8 maior consumidor mundial), o país é ainda o maior exportador do produto (ABIC, 2022;
9 OIC, 2023).

10 O café caracteriza-se como uma rica fonte de compostos bioativos como
11 melanoidinas, cafeína, trigonelina, ácidos clorogênicos e diterpenos. Assim o consumo
12 regular e moderado da bebida apresenta efeitos benéficos para a saúde do consumidor,
13 como o melhor funcionamento cognitivo e a redução da incidência de alguns tipos de
14 câncer, doenças coronárias, diabetes *mellitus*, doença de Parkinson e Alzheimer
15 (LUDWIG et al., 2014; HU et al., 2019; LU et al., 2020; MOEENFARD; ALVES, 2020;
16 PEREIRA et al., 2020; MUNYENDO et al., 2021).

17 Os cafés *C. arabica* e *C. canephora* são as espécies de maior relevância
18 econômica. Tradicionalmente, considera-se que o *C. canephora* apresenta bebida de
19 menor qualidade sensorial, e que pelo maior teor de cafeína e sólidos solúveis é a principal
20 matéria-prima da indústria de café solúvel ou é empregado em misturas (*blends*) com *C.*
21 *arabica* no café torrado e moído. Percebido durante anos pelo mercado como um produto
22 de qualidade menor e indiferenciada (café *commodity*), *C. canephora* sempre foi
23 comercializado com preços mais baixos comparativamente ao *C. arabica*, por isso os
24 produtores tentavam reduzir os custos de produção, o que resultava em baixa qualidade.
25 No entanto, recentemente tem sido evidenciado que bebidas de *C. canephora* podem
26 apresentar sabor e aroma complexos, e a espécie já é reconhecida pela Associação
27 Americana de Cafés Especiais (SCAA) como tendo potencial para cafés finos (LINGLE;
28 MENON, 2017; TEIXEIRA et al., 2020). Além disso, a menor resistência de *C. arabica*
29 às mudanças climáticas, tem aumentado o interesse pelo cultivo de *C. canephora*, o que
30 tem contribuído para uma melhora na qualidade do produto (SCAA, 2020). Interessante
31 destacar ainda que cafés *C. canephora* usualmente apresentam maior teor de componentes
32 bioativos comparativamente ao *C. arabica*.

33 Estudos de melhoramento genético de *C. canephora* tem trazido contribuições
34 muito relevantes em parâmetros agronômicos e, destacadamente, na qualidade de bebida.

35 Com o apoio da Embrapa Rondônia, já são produzidos na região da Amazônia Ocidental
36 cafés desta espécie que apresentam boa qualidade de bebida: os Robustas Amazônicos.
37 O conjunto é composto por 10 cultivares clonais individuais híbridas (BRS 1216, BRS
38 2299, BRS 2314, BRS 2336, BRS 2357, BRS 3137, BRS 3193, BRS 3210, BRS 3213 e
39 BRS 3220), resultantes do cruzamento das variedades botânicas Conilon e Robusta,
40 inclusive alguns com qualidade de cafés finos (TEIXEIRA et al., 2020; MORAIS et al.,
41 2021).

42 Além do melhoramento genético, tratamentos pós-colheita com fermentação
43 induzida que usualmente eram empregados para *C. arabica*, mais recentemente também
44 tem sido propostos como opção para potencializar a qualidade dos frutos e da bebida de
45 *C. canephora* (ALVES et al., 2020; SOUZA et al., 2021).

46 Devido a limitação de dados referentes a espécie *C. canephora* de forma geral, e
47 mais notadamente para os híbridos intervarietais, e considerando as informações sobre a
48 qualidade superior de bebida desses cafés, este estudo visa contribuir para a valorização
49 do material. Trabalhos de pesquisa que forneçam maiores informações em relação a
50 composição físico-química, descrição de características sensoriais da bebida, e aceitação
51 pelos consumidores, servem de apoio para oferecer um produto com maior potencial de
52 emprego comercial e qualidade superior para um mercado consumidor cada vez mais
53 exigente. Esse trabalho permitiu a obtenção de resultados originais a partir de um material
54 exclusivo e representativo os *C. canephora* das “Matas de Rondônia”.

55 O capítulo 1 apresenta a introdução geral, os objetivos, e uma revisão bibliográfica
56 abordando: a cultura do café (origem, introdução no Brasil e importância econômica);
57 características botânicas, morfológicas e fisiológicas e sobre melhoramento genético de
58 *C. canephora*; processamento (colheita, pós-colheita, beneficiamento, e fermentação)
59 para obtenção de café de boa qualidade; composição (dos grãos verdes, torrados e da
60 bebida) e qualidade de bebida (pelo Protocolo de Degustação de Robustos Finos); e as
61 técnicas de análise sensorial (Perfil Flash, Dominância Temporal de Sensações, *Check-*
62 *All-That-Apply*, e Teste de Aceitação) empregadas no trabalho.

63 O capítulo 2 apresenta o perfil de composição de cafés *Coffea canephora* de boa
64 qualidade de bebida cultivados na região Amazônica, comparando os híbridos
65 intervarietais de Conilon e Robusta com cafés Robusta.

66 A partir dos resultados desse primeiro estudo e informações sobre os materiais,
67 foram selecionados dois clones híbridos intervarietais, BRS 2314 e BRS 2357, que

68 apresentavam diversidade na composição e na qualidade de bebida para os estudos
69 sensoriais. Os dois cafés foram avaliados nas versões natural e fermentado.

70 O capítulo 3 apresenta a descrição sensorial e os atributos dominantes das bebidas
71 dos clones BRS 2314 e BRS 2357, nas versões natural e fermentado, por avaliadores não
72 treinados utilizando Perfil Flash e TDS.

73 O capítulo 4 apresenta a aceitação e a caracterização sensorial utilizando CATA
74 obtidas em estudo doméstico, com as mesmas bebidas, empregando consumidores.

75

76 **2 OBJETIVOS**

77

78 **2.1 Objetivo geral**

79 Caracterizar cafés híbridos intervarietais de Conilon e Robusta produzidos na
80 região da Amazônia Ocidental quanto à sua composição, e estudar características
81 sensoriais das bebidas e aceitação pelo consumidor.

82

83 **2.2 Objetivos específicos**

84 • Quantificar os compostos bioativos e de influência na qualidade da bebida
85 (melanoidinas, cafeína, trigonelina, ácidos clorogênicos e diterpenos) nos grãos torrados
86 de cafés *C. canephora* da região Amazônica.

87 • Comparar o perfil de composição dos cafés híbridos intervarietais de Conilon e
88 Robusta desenvolvidos pela Embrapa com cafés Robusta produzidos na mesma região.

89 • Selecionar clones híbridos de características diferenciadas, com base na
90 composição e na qualidade da bebida, para estudo sensorial posterior. Produzir a partir
91 desses clones cafés fermentados, permitindo avaliar o efeito da genética e fermentação
92 nas características sensoriais e aceitação.

93 • Quantificar os compostos bioativos de interesse nos grãos e bebidas e avaliar
94 parâmetros usuais de qualidade (pH, acidez titulável e sólidos solúveis totais) das bebidas
95 dos clones BRS 2314 e BRS 2357, híbridos intervarietais de Conilon e Robusta, nas
96 versões natural e fermentado.

97 • Descrever o perfil sensorial e os atributos dominantes das mesmas bebidas
98 utilizando as técnicas de Perfil Flash e Dominância Temporal de Sensações (TDS) com
99 avaliadores não treinados.

100 • Empregar teste de uso doméstico com consumidores para obter informações de
101 aceitação e características sensoriais das bebidas utilizando *Check-All-That-Apply*
102 (CATA).

103 • Correlacionar dados de composição com as características sensoriais e aceitação
104 das bebidas.

105

106 **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

107 **3.1 Cultura do café: origem, introdução no Brasil e importância econômica**

108 De acordo a lenda, o café foi descoberto por volta do ano 800 na Etiópia, por um
109 pastor chamado Kaldi. Ao observar que suas cabras ficavam dispostas e saltitantes após
110 consumir frutos amarelo avermelhados, Kaldi relatou o fato para um monge, este
111 preparou uma infusão dos frutos e ao experimenta-la constatou que a bebida ajudava a
112 ficar desperto por horas, sendo proveitoso para os momentos de estudo, oração e vigília.
113 Com a rápida disseminação da informação a demanda pelo produto aumentou (CECAFÉ,
114 2023a).

115 O cafeeiro (*Coffea* sp.) é uma espécie perene e de clima tropical, que cresce a
116 partir de sementes ou mudas, inclusive a partir de plantas obtidas por melhoramento
117 genético, que permite agregar em um único indivíduo características agrônomicas de
118 interesse encontradas em diferentes materiais genéticos (FERRÃO et al., 2019a; 2019b).

119 Os primeiros cultivos comerciais de café iniciaram no Iêmen na Península Arábica
120 por volta do ano de 1400, com a espécie *Coffea arabica* (originária da Etiópia), a qual
121 apresentou rápido desenvolvimento. Posteriormente por volta do ano de 1900 a espécie
122 *Coffea canephora* (originária do Congo) passou a ser cultivada comercialmente na ilha
123 de Java na Indonésia (FONSECA et al., 2015).

124 A introdução dos cafeeiros no Brasil se deu em 1727, quando o sargento Francisco
125 de Melo Palheta trouxe escondido sementes e mudas de café *C. arabica* da Guiana
126 Francesa, as quais foram plantadas no estado do Pará (RUFINO, 2006). Em 1912, foram
127 implantados os primeiros cafeeiros *C. canephora* no país (FONSECA et al., 2015).
128 Ambas espécies apresentaram boa adaptação nas diversas regiões edafoclimáticas
129 brasileiras, sendo até hoje as de maior importância econômica (CARVALHO, 2007; OIC,
130 2023). O estado de Rondônia é uma das poucas regiões do Brasil onde foram introduzidas
131 tanto a espécie *C. arabica* quanto a espécie *C. canephora* por volta da década de 1970,
132 entretanto como *C. canephora* apresentou superioridade produtiva e melhores

133 características agronômicas na região, foi utilizada na substituição das lavouras de *C.*
134 *arabica* (MARCOLAN et al., 2009; RAMALHO et al., 2019).

135 Os cafeeiros são cultivados em mais de 50 países localizados na zona intertropical,
136 conhecida como a faixa mais quente e de maior insolação do planeta (LAMBOT et al.,
137 2017). Para a safra de 2022/2023 a produção mundial é estimada em 171,3 milhões de
138 sacas de 60 kg, sendo 58% de *C. arabica* e 42% de *C. canephora*, para o qual se projeta
139 crescimento de 1,7% em comparação com o ano-cafeeiro anterior (OIC, 2023).

140 O Brasil é o maior produtor mundial de café com aproximadamente 30% da
141 produção mundial; na safra de 2022 a área plantada foi de 2,24 milhões de hectares. Das
142 51 milhões de sacas beneficiadas, aproximadamente 64% é composta por *C. arabica* e
143 36% é composta por *C. canephora* (CONAB, 2022). Grande parte da produção é
144 destinada para o consumo externo, o que coloca o país como o maior exportador do
145 produto, responsável por aproximadamente 43% do comércio mundial, seguido do
146 Vietnã, Colômbia, Indonésia e Honduras (CECAFÉ, 2023b; OIC, 2023).

147 Os Estados Unidos é o maior consumidor mundial de café, seguido do Brasil que
148 destaca-se com um consumo per capita de 4,77 kg ano⁻¹ de café torrado e moído (ABIC,
149 2022); a bebida de café faz parte do hábito alimentar dos brasileiros, que costumam
150 consumi-la diariamente (SOUZA et al., 2013; BRASIL, 2014).

151 O cafeeiro é cultivado em vários estados brasileiros, apresentando um papel muito
152 importante na economia nacional, pela geração de renda e empregos. O estado de Minas
153 Gerais é responsável por aproximadamente 43% da produção brasileira, seguido dos
154 estados do Espírito Santo, São Paulo, Bahia, Rondônia, Paraná, Rio de Janeiro, Goiás,
155 Mato Grosso e Amazonas (CONAB, 2022).

156 As estimativas de produção para a safra de 2023, indicam que Minas Gerais
157 concentra aproximadamente 72% da produção total de *C. arabica* do país; com relação
158 ao *C. canephora*, o estado do Espírito Santo conta com 62% da produção total do país
159 seguido pelo estado de Rondônia com 18% da produção (CONAB, 2023a). No Brasil as
160 duas principais variedades botânicas da espécie *C. canephora* são Conilon e Robusta. No
161 estado do Espírito Santo, maior produtor nacional da espécie, é produzido apenas café
162 Conilon, em Rondônia as duas variedades são plantadas (FERRÃO et al., 2019b). No
163 Brasil, a região cafeeira do estado de Rondônia, na Amazônia Ocidental, se caracteriza
164 pela presença de uma cafeicultura em regime familiar e que, até nos últimos 20 anos,
165 apresentava baixo nível tecnológico de produção, por esse motivo recebeu grande atenção
166 de pesquisadores da área, que buscaram estratégias como o uso de genótipos clonais

167 superiores e de novas práticas culturais do ambiente de cultivo, para melhorar a
168 produtividade e a qualidade do café beneficiado (ROSA NETO et al., 2015; RAMALHO
169 et al., 2019). Atualmente caracteriza-se como uma área de grande volume produtivo e
170 elevada produtividade, que utiliza novas tecnologias e tem grande perspectiva de
171 produção sustentável (CONAB, 2023b). Além disso, em 2021, a região “Matas de
172 Rondônia” obteve a primeira Indicação Geográfica do mundo para *C. canephora* do tipo
173 denominação de origem (Ministério das Relações Exteriores, 2021).

174

175 **3.2 Características botânicas, morfológicas e fisiológicas de *C. canephora***

176 O cafeeiro pertence à família *Rubiaceae* e produz sementes denominadas de café.
177 Faz parte do gênero *Coffea* que é constituído por diversas espécies, sendo *C. arabica* e *C.*
178 *canephora* as de maior interesse econômico (BRIDSON, 1987; OIC, 2023).

179 A espécie *C. canephora* apresenta arbustos multicaule, com formato, altura e
180 diâmetro de copa variável. São plantas alógamas que possuem autoincompatibilidade
181 genética, e se reproduzem por fecundação cruzada das flores com auxílio do vento e
182 insetos (FERRÃO et al., 2019a; 2019d). As folhas são verdes, com formato elíptico,
183 bordas onduladas e nervuras salientes. As flores são hermafroditas e de cor branca. Os
184 frutos são esféricos amarelos, vermelhos ou alaranjados. As sementes de *C. canephora*
185 são amarronzadas com formato que varia de arredondado a canoa e envoltas por película
186 castanha bem aderente (SOUZA et al., 2004; ALVES, 2007; FERRÃO et al., 2019c).

187 Em relação as condições climáticas, as plantas de *C. canephora* se adaptam
188 melhor em locais com temperaturas na faixa de 22 a 26 °C, e com precipitações superiores
189 a 2.000 mm anuais, como o estado de Rondônia, na região Amazônica (MARCOLAN et
190 al., 2009; SILVA et al., 2015a).

191 A espécie *C. canephora* é dividida em dois grupos de acordo com suas
192 características genotípicas e fenotípicas, são eles: o Guineano, que é constituído pelos
193 genótipos do oeste da África (Guiné e Costa do Marfim); e o Congolês, que é constituído
194 pelos genótipos da região central da África. O grupo Congolês é dividido em cinco
195 subgrupos: Subgrupo 1 (SG1), da costa atlântica da região central da África; Subgrupo 2
196 (SG2) e Subgrupo B, da Bacia do Congo, sul da África Central; Subgrupo C, do sudoeste
197 da África Central, República Democrática do Congo e Camarões; e subgrupo Ugandense
198 (Ug), composto por acessos selvagens de Uganda (FERRÃO et al., 2019c).

199 As plantas de café Conilon correspondem ao subgrupo 1 (SG1), apresentam porte
200 pequeno e crescimento arbustivo, comparativamente ao Robusta apresentam folhas

201 menores e mais alongadas de cor verde claro. Os frutos são menores e de maturação
202 precoce. Possuem maior tolerância ao déficit hídrico e menor resistência à ferrugem
203 alaranjada do café (*Hemileia vastatrix*) (ESPINDULA et al., 2019; FERRÃO et al.,
204 2019c).

205 As plantas de Robusta correspondem aos subgrupos (SG2, B, C, Ug) apresentam
206 maior porte, crescimento ereto e são mais vigorosas, comparativamente ao Conilon
207 apresentam folhas maiores de cor verde mais intensa, frutos de maior tamanho com
208 maturação tardia. Possuem menor tolerância ao déficit hídrico e maior tolerância a
209 ferrugem e ao nematóide das galhas (*Meloidogyne* spp.), além de maior potencial para
210 produção de bebida fina (ESPINDULA et al., 2019; FERRÃO et al., 2019c).

211

212 **3.3 Melhoramento genético de *C. canephora***

213 A partir do cruzamento (hibridação) entre plantas de Conilon e Robusta, surgem
214 as plantas híbridas intervarietais, que podem combinar características das duas variedades
215 botânicas, originando populações com fenótipos intermediários (ESPINDULA et al.,
216 2019; TEIXEIRA et al., 2020). A hibridação é uma alternativa interessante para aumentar
217 a produtividade da lavoura sem aumento de custos adicionais e para garantir a qualidade
218 da bebida de café. Pode ser natural quando ocorre cruzamento espontâneo entre plantas
219 no campo, ou pode ser controlada quando os cruzamentos entre plantas são direcionados
220 por técnicas de melhoramento genético (ROCHA et al., 2015).

221 A partir da obtenção de plantas híbridas, aquelas com características de interesse
222 (agronômico e de qualidade de bebida) podem ser selecionadas e clonadas. A clonagem
223 tem como princípio a produção de plantas idênticas à planta matriz, garantindo a
224 homogeneidade da lavoura (ROCHA et al., 2015; FERRÃO et al., 2019a). Devido a
225 autoincompatibilidade genética da espécie *C. canephora*, uma exigência para que ocorra
226 a fecundação entre plantas, é que estas apresentem compatibilidade, e sejam dispostas de
227 modo que permita a ocorrência da fecundação cruzada (ALVES, 2023).

228 Atualmente, no estado de Rondônia podem ser encontrados tanto híbridos naturais
229 que surgiram a partir do cruzamento entre as variedades Conilon e Robusta em campos
230 experimentais da Embrapa e em lavouras comerciais (MARCOLAN; ESPINDULA,
231 2015), quanto híbridos originados por cruzamento direcionado entre as duas variedades
232 botânicas, que foram selecionados e clonados (TEIXEIRA et al., 2020). Em 2019, foram
233 lançadas 10 cultivares clonais individuais híbridas, resultantes do cruzamento entre as

234 variedades botânicas Conilon e Robusta e estes novos materiais trazem uma nomenclatura
235 de grande significado econômico e científico: os Robustas Amazônicos (ALVES, 2023).

236 O desenvolvimento dos clones individuais com características distintas entre eles
237 e a separação destes em três grupos de compatibilidade, permite que os cafeicultores
238 optem pelos clones de seu interesse de acordo com as características agronômicas e
239 sensoriais e também possam definir o arranjo espacial destes na lavoura, para
240 potencializar uma boa fecundação cruzada entre eles (ALVES, 2023).

241 O desenvolvimento dos Robustas Amazônicos tem trazido contribuições muito
242 relevantes nos parâmetros agronômicos, e destacadamente na qualidade de bebida. Das
243 10 cultivares clonais lançadas em 2019 (BRS 1216, BRS 2299, BRS 2314, BRS 2336,
244 BRS 2357, BRS 3137, BRS 3193, BRS 3210, BRS 3213 e BRS 3220), todas apresentam
245 alto potencial produtivo com rendimento médio de 54 a 85 sacas por hectare mostrando
246 alto grau de adaptabilidade às condições da região de “Matas de Rondônia”. A maioria
247 delas possui resistência a ferrugem alaranjada e ao nematoide das galhas, que são os
248 principais responsáveis pelos danos às lavouras de café. Todas as cultivares apresentam
249 boa qualidade de bebida (> 70 pontos) de acordo com Protocolo específico para a
250 avaliação de bebidas de *C. canephora* (TEIXEIRA et al., 2020), que será detalhadamente
251 descrito no item 3.6. Mais detalhes sobre cada clone estão disponíveis no material
252 suplementar do Capítulo 2.

253

254 **3.4 Colheita, pós-colheita, beneficiamento e fermentação para obtenção de café de** 255 **boa qualidade**

256 A qualidade da bebida de café é dependente de muitos fatores: colheita, pela
257 possibilidade de seleção de frutos; pós-colheita como os processos de secagem,
258 despulpamento e até fermentação dos frutos; armazenamento do grão beneficiado, e
259 processo de torra (ALVES et al., 2020).

260 Após a colheita dos frutos (estádio cereja), para evitar fermentações indesejadas
261 devido ao alto teor de umidade e mucilagem abundante, os frutos devem passar por
262 abanação no campo e posterior lavagem para retirada de impurezas (folhas, ramos, pedras,
263 paus, terra) e defeitos. Os frutos mais pesados (verde, verde-cana e maduro), com maior
264 teor de umidade, são separados da fração de boias, constituída pelos frutos mais leves
265 (mal granados, brocados, passas e secos), que devem ser dispostos em locais distintos
266 para a secagem (PEREIRA et al., 2000; SHEPHERD, 2015; MESQUITA et al., 2016).

267 A secagem dos frutos pode ser realizada em terreiros ou secadores artificiais, ou
268 combinando os dois métodos, até que o grão atinja de 10,5 a 12% de umidade. Com
269 secagem integral dos frutos com casca (café natural/via seca), ou com secagem dos frutos
270 descascados (cereja descascado) ou descascados e despulpados por fermentação (cereja
271 despulpado) ambos via úmida (SHEPHERD, 2015; MESQUITA et al., 2016).

272 O processo de fermentação consiste na utilização dos compostos presentes nos
273 frutos (diretamente ou a partir da ação enzimática) como fonte de energia por micro-
274 organismos, causando modificações no perfil de composição e conseqüentemente nos
275 atributos sensoriais (PEREIRA et al., 2021). Os frutos de café podem sofrer fermentação
276 aeróbica e/ou anaeróbica, tanto de forma espontânea, pela presença de micro-organismos
277 endofíticos (SILVA et al., 2008; PEREIRA et al., 2019), como induzida, com micro-
278 organismos endofíticos ou adicionados ao processo (ALVES et al., 2020; PEREIRA et
279 al., 2022; CASSIMIRO et al., 2023). Apesar de já ser um procedimento bem conhecido
280 e aplicado em *C. arabica*, a proposta de utilizar fermentação para o *C. canephora* é
281 recente e a fermentação induzida é uma alternativa que tem sido empregada para garantir
282 e potencializar a qualidade dos frutos, produzir bebidas únicas com nuances diferenciados
283 e diversificar ainda mais a cafeicultura (ALVES et al., 2020; SOUZA et al., 2021).

284 No beneficiamento os grãos verdes (crus) são classificados de acordo com os
285 defeitos intrínsecos (grãos imperfeitos que são provenientes de alterações fisiológicas ou
286 genéticas do fruto, ou práticas agrícolas ou de beneficiamento inadequado) e extrínsecos
287 (impurezas); a Classificação Oficial Brasileira, estabelecendo faixas de qualidade de
288 acordo com o número e tipos de defeitos encontrados, é baseada na Instrução Normativa
289 nº 8, de 11 de junho de 2003, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.
290 Os grãos defeituosos mais comuns e de relevância para a qualidade do produto,
291 correspondentes aos defeitos primários, são grãos pretos, verdes (imaturos) e ardidos,
292 denominados PVA. Os grãos verdes (crus) podem ser ainda selecionados quanto ao
293 tamanho e formato (método da peneira) e então armazenados (BRASIL, 2003;
294 SHEPHERD, 2015; SILVA et al., 2015b; 2015c).

295 Apesar do tema ser abordado em normas regionais, não existe na legislação
296 nacional especificação sobre padrões mínimos de qualidade do grão verde, no que diz
297 respeito ao número de defeitos, para especificação de categorias para o produto torrado
298 (ABIC, 2023). A SCAA preconiza que, para café especial, o grão verde poderia ter no
299 máximo cinco defeitos (sendo que nenhum defeito primário) em 350 g de café (SCAA,

2023); parâmetro similar foi estabelecido em legislação do estado de São Paulo, que
recomenda ausência de PVA para café categoria Gourmet (SÃO PAULO, 2007).

A comercialização de café no mercado interno para venda ao consumidor é feita
com produto torrado e, mais usualmente, moído. Os grãos verdes são torrados em
diferentes combinações de tempos e temperaturas. Nesta etapa sofrem uma série de
transformações, como perda de umidade, redução de peso, aumento de tamanho do grão,
e alteração da cor e da composição química, variando de acordo com o grau de torra
empregado (SCHENKER; ROTHGEB, 2017). Após o processo de torra e período de
descanso, os grãos podem ser embalados diretamente ou moídos e embalados
(BLITTERSDORFF; KLATT, 2017). A norma para definição do padrão oficial de
classificação do café torrado foi atualizada recentemente, pela Portaria SDA n° 570, do
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento que define a Classificação Oficial
Brasileira (BRASIL, 2022).

313

3.5 Composição: dos grãos verdes ao torrado e bebida

Os grãos de café destacam-se como fonte de compostos bioativos e possuem em
sua composição química constituintes não voláteis (carboidratos, compostos
nitrogenados, lipídios e sais minerais) e, após o processo de torra, também possuem
compostos voláteis (álcoois, ésteres, aldeídos e cetonas) e associados a cor (melanoidinas)
(FARAH, 2012; FARAH, 2019a).

A composição dos grãos é fortemente influenciada pela genética (espécie e
variedade), fatores pré-colheita como o local de cultivo (condições edafoclimáticas e
adaptabilidade das plantas), manejo cultural e fitossanitário das plantas e fatores pós-
colheita como o beneficiamento e o processo de torra, que se refletem nas características
e qualidade da bebida (HERRERA; LAMBOT, 2017).

Os carboidratos constituem mais de 50% do peso seco do grão verde de *C.*
canephora, sendo os polissacarídeos (galactomanana, arabinogalactana e celulose) os
mais abundantes (47% do total), seguidos por sacarose (de 0,9 a 4%), estaquiase e
rafinose, e monossacarídeos, como frutose, glicose e manose (FARAH, 2012; SIMÕES
et al., 2019).

Com a torra os grãos verdes sofrem alterações no perfil e teor de carboidratos,
com expressiva degradação destes compostos, pela participação em reações de
escurecimento, notadamente na reação de Maillard com formação de melanoidinas e
compostos voláteis aromáticos (PETKOWICZ, 2015). As melanoidinas são compostos

334 nitrogenados de alta massa molecular e cor marrom, responsáveis pela cor dos grãos e da
335 bebida (MOREIRA et al., 2019). Nos grãos torrados de *C. canephora* os polissacarídeos
336 correspondem em torno de 37% do peso e os demais mono e oligossacarídeos encontram-
337 se em quantidades traço (FARAH, 2012).

338 A degradação dos carboidratos com formação de outros componentes
339 (melanoidinas, e compostos voláteis) afetam as características sensoriais (aroma, sabor e
340 cor) do café torrado (FARAH, 2012). Além disso, as melanoidinas são compostos
341 bioativos que possuem propriedades antioxidantes, antibacterianas e quelantes de metais
342 em bebidas de café, também possuem atividade fisiológica como fibra alimentar e atuam
343 na prevenção de câncer de cólon (HU et al., 2019; MOREIRA et al., 2019; CARNEIRO
344 et al., 2021).

345 Os compostos nitrogenados (proteínas, peptídeos e aminoácidos livres), excluindo
346 cafeína e trigonelina, compõem de 8,5 a 16% do peso seco dos grãos verdes. Durante a
347 torra, as proteínas são desnaturadas, e os peptídeos e aminoácidos livres utilizados na
348 reação de Maillard para produção de compostos voláteis (pirróis, cetonas e pirazinas), de
349 sabor e melanoidinas. Os grãos torrados de *C. canephora* apresentam 7,5 a 10% do peso
350 constituído por compostos nitrogenados (FARAH, 2012, WANG; LIM, 2015).

351 Os compostos nitrogenados cafeína (1,3,7 trimetilxantina) e trigonelina (ácido 1-
352 N-metilnicotínico) são alcaloides formados no metabolismo secundário, que contribuem
353 para o amargor característico do café (GLOESS et al., 2013; ASHIHARA, 2015;
354 SAMANIDOU, 2015).

355 A cafeína constitui de 1,5 a 2,6% do peso seco do grão verde de *C. canephora*
356 (KY et al., 2001; FONSECA et al., 2011). A cafeína é bastante estável a torra, assim
357 considerando a perda de massa e de outros compostos orgânicos no processo, seus teores
358 se mantêm ou eventualmente aumentam no grão torrado (VIGNOLI et al., 2014; GARG,
359 2016). A cafeína é um composto estimulante que atua diretamente no sistema nervoso
360 central, sua ingestão moderada desencadeia efeitos fisiológicos na saúde mental (humor,
361 depressão, cognição e comportamento) e tem sido associada a atividade antioxidante e
362 ação neuroprotetora. Atua sobre os sistemas cardiovascular, respiratório, renal e
363 gastrointestinal e no tecido adiposo, e pode reduzir os riscos de câncer de mama, útero e
364 cólon (PECK et al., 2010; NEHLIG, 2016; GROSSO et al., 2017; LYNGSO et al., 2017;
365 POOLE et al., 2017, TORRES-COLLADO et al., 2021; CORBI-COBO-LOSEY et al.,
366 2023).

367 A trigonelina é responsável por aproximadamente 0,6 a 1,6% do peso seco dos
368 grãos verdes em *C. canephora* (KY et al., 2001; FONSECA et al., 2011). Entretanto este
369 composto sofre intensa degradação durante o processo de torra, com consequente
370 formação de produtos de degradação, entre eles o ácido nicotínico e compostos voláteis
371 (pirróis, piridinas e pirazinas) (KIRKLAND; MEYER-FICCA, 2018; FARAH et al.,
372 2019b). São descritas perdas de 50 a 90% do teor inicial de trigonelina durante a torra,
373 resultando em baixos teores de 0,07 a 0,8% em *C. canephora* (SOUZA; BENASSI, 2012;
374 DIAS; BENASSI, 2015). Em relação aos efeitos biológicos, a trigonelina destaca-se por
375 ser um agente hipoglicemiante, e por apresentar atividade neuroprotetora, antinvasiva,
376 estrogênica, e antibacteriana, além de melhorar e regular os níveis de lipídios séricos e
377 genes relacionados ao metabolismo dos carboidratos e lipídios (GEORGE et al., 2008;
378 LUDWIG et al., 2014; YOSHINARI; IGARASHI, 2015; CARNEIRO et al., 2021; SAFE
379 et al., 2023).

380 Os ácidos clorogênicos (ACG), compostos fenólicos mais abundantes no café, são
381 formados a partir da esterificação de ácidos trans-cinâmicos (cafeico, ferulico e *p*-
382 cumárico) com o ácido quínico. O principal grupo é dos ácidos cafeoilquínicos (80% do
383 total de ACG), destacando-se o ácido 5-O-cafeoilquínico (5-ACQ), principal isômero
384 (JAISWAL et al., 2010). Na espécie *C. canephora*, os ACG constituem de 7 a 10% do
385 peso dos grãos verdes (FARAH, 2012; KLEINWÄCHTER et al., 2015). Esses compostos
386 são degradados durante a torra, originando produtos de degradação associados a sabor e
387 aroma e participando na reação de Maillard, sendo incorporados na estrutura das
388 melanoidinas (FARAH, 2012; PERRONE et al., 2012; AYELIGN; SABALLY, 2013).
389 Após a torra, os grãos de *C. canephora* apresentam baixos teores de ácidos clorogênicos
390 (0,09 a 0,42% do peso seco) (HEČIMOVIĆ et al., 2011), mas a degradação varia com o
391 grau de torra (VIGNOLI et al., 2014; DIAS; BENASSI, 2015).

392 Além da importância para características sensoriais (amargor, adstringência,
393 acidez e aroma) do café torrado, os ácidos clorogênicos possuem atividades
394 neuroprotetora, cardiovascular, hipoglicêmica, hepatoprotetora e anticarcinogênicas, que
395 estão relacionadas principalmente à sua atividade antioxidante (GLOESS et al., 2013;
396 LUDWIG et al., 2014; STEFANELLO et al., 2019; LU et al., 2020, SAFE et al., 2023).

397 Os lipídios constituem aproximadamente 10% do peso seco dos grãos verdes de
398 *C. canephora* (SPEER; KÖLLING-SPEER, 2019). Os triacilglicerois constituem 75% do
399 conteúdo lipídico total, o restante é composto por matéria insaponificável (15 a 18%),

400 acilglicerois parciais (5%), ácidos graxos livres (0,5 a 4,2%) e ceras (1,5 a 2,5%)
401 (PACETTI et al., 2015).

402 A matéria insaponificável (MI) é composta por alcoóis diterpênicos, esteróis e
403 tocoferóis. Os diterpenos, sendo os principais caveol, cafestol e 16-*O*-metilcafestol
404 constituem a maior parte da MI, em torno de 69% em *C. canephora* (PACETTI et al.,
405 2015).

406 O teor de lipídios pode ser afetado pelo processo de torra, entretanto é pouco
407 dependente das diferentes condições de tempo e temperatura utilizadas, e
408 comparativamente mais estável que a maioria dos componentes do grão. Durante a torra,
409 polissacarídeos, aminoácidos e ácidos clorogênicos são degradados, além disso, os grãos
410 verdes perdem material na forma de CO₂, vapor de água e compostos voláteis. A MI
411 também pode sofrer alteração durante a torra, com degradação e formação de novos
412 compostos, como o dehidrocaveol e o dehidrocafestol. Ao final do processo de torra tem-
413 se um aumento proporcional no teor de lipídios, que variam em torno de 8,6 a 15,4% do
414 peso seco dos grãos, e assim teores de diterpenos mantem-se relativamente estáveis
415 (DIAS et al., 2014; PACETTI et al., 2015).

416 Os lipídios possuem grande importância no desenvolvimento das características
417 sensoriais do café, atuando como carreadores de aroma e impedindo a volatilização e
418 perda de sabor durante o processo de torra, também contribuem para o corpo da bebida
419 (PACETTI et al., 2015). A grande quantidade de MI torna o óleo de café um produto
420 diferenciado da maioria dos óleos vegetais (SPEER; KÖLLING-SPEER, 2019), além
421 disso tem surgido o interesse pelos diterpenos (caveol e cafestol) que estão associados
422 com efeitos na saúde do consumidor: degradação de substâncias tóxicas, efeito
423 hepatoprotetor, propriedade anticarcinogênica, antioxidante e anti-inflamatória (CAVIN
424 et al., 2002; CHU et al., 2011; SAFE et al., 2023).

425 De modo geral, bebidas de café (100 mL) apresentam um interessante perfil de
426 compostos bioativos: 50 a 380 mg de cafeína, 40 a 50 mg de trigonelina, 19 a 500 mg de
427 ácidos clorogênicos, e 2,5 a 5 mg de diterpenos (PERRONE et al., 2012; PHAM;
428 PREDDY, 2015; MORI et al., 2018).

429 A espécie *C. canephora* produz bebida neutra, com maior teor de cafeína e ácidos
430 clorogênicos, sendo muito utilizada pela indústria de café solúvel em misturas (*blends*)
431 com o café arábica torrado e moído (SPEER; KÖLLING-SPEER, 2006; SENAR, 2017).

432 Quando comparadas as duas principais variedades de *C. canephora*, para bebida
433 obtida a partir de Conilon, com torra média, MORI et al. (2018) reportaram teores de

434 cafeína na faixa de 1,17 a 1,66 mg mL⁻¹ e ACG de 0,49 a 1,13 mg mL⁻¹ (MORI et al.,
435 2018), enquanto PERRONE et al. (2012) descrevem maior variação do ACG (0,02 a 2,45
436 mg mL⁻¹) variando o grau de torra. As bebidas obtidas a partir de Robusta, com diferentes
437 métodos de preparos (espresso ou filtrado), apresentam teores de cafeína de 1,15 a 2,53
438 mg mL⁻¹ e ACG de 0,56 a 1,13 mg mL⁻¹ (LUDWIG et al., 2012).

439

440 **3.6 Qualidade de bebida e Protocolo de Degustação de Robustas Finos**

441 Os grãos do *C. canephora* foram por muito tempo considerados como de menor
442 qualidade e, para o café torrado e moído, eram utilizados apenas para a composição de
443 mistura (*blends*) com grãos de *C. arabica*. Entretanto, no Brasil o estado de Rondônia já
444 produz cafés *C. canephora* com boa qualidade de bebida (> 70 pontos), com grande
445 destaque na produção de Robustas finos (> 80 pontos) que resultam em uma bebida com
446 maior doçura, quando comparados aos Robustas comerciais (FIOROTT, STURM, 2015;
447 LINGLE; MENON, 2017; SOUZA et al., 2018; TEIXEIRA et al., 2020).

448 Considerando a especificidade nas características da espécie, a avaliação de
449 qualidade da bebida do *C. canephora* deve ser feita empregando protocolo específico,
450 diferente do tradicionalmente empregado pela SCAA para classificação de *C. arabica*, o
451 Protocolo de Degustação de Robustas Finos - PDRF (TEIXEIRA et al., 2020). Embora
452 tenha recebido a denominação que empregue o termo Robusta, este protocolo foi
453 desenvolvido para avaliação de cafés das variedades Conilon e Robusta (FIOROTT;
454 STURM, 2015).

455 Esse Protocolo foi desenvolvido no ano de 2010, resultado de uma parceria entre
456 o Coffee Quality Institute - CQI e Uganda Coffee Development Authority – UCDA, e
457 representa um marco para a valorização da qualidade de bebida de *C. canephora*. Segundo
458 o Protocolo os principais atributos sensoriais para avaliação da espécie são:
459 fragrância/aroma, sabor, retrogosto, relação salinidade/acidez, relação amargor/doçura,
460 sensação na boca, equilíbrio, uniformidade, limpeza e conjunto. A soma das notas de cada
461 atributo é utilizada para obter uma nota final, que varia de 0 a 100, e que classifica a
462 qualidade da bebida (UCDA, 2010).

463 Cafés cujas bebidas apresentam nota final de 70 a 80 pontos (bebida muito boa)
464 são classificados como café Prêmio, para notas de 80 a 90 pontos (bebida de qualidade
465 fina) o café é classificado como Fino, e de 90 a 100 pontos (bebida de qualidade
466 excepcional) o café é classificado como Muito fino. A partir desta classificação tem-se os
467 chamados Robustas finos que compreendem os cafés Fino e Muito fino (> 80 pontos)

468 (UCDA, 2010). Todos os cafés *C. canephora* que fazem parte da cultivar Robustas
469 Amazônicos apresentam boa qualidade de bebida (> 70 pontos) de acordo com o
470 Protocolo.

471

472 **3.7 Análise sensorial: Perfil Flash, Dominância Temporal de Sensações, *Check-All-*** 473 ***That-Apply* e Teste de Aceitação**

474 A escolha do método de análise sensorial é feita de acordo com o objetivo que se
475 pretende atingir. Os métodos sensoriais mais comumente utilizados são: testes afetivos
476 usados para medir o quanto o consumidor gosta de uma amostra; análises descritivas para
477 caracterizar sensorialmente as amostras; e os testes discriminativos utilizados para
478 verificar se existe diferença entre amostras (LAWLESS; HEYMANN, 2010).

479 As técnicas de análise sensorial descritiva clássicas permitem caracterização
480 detalhada de produtos, mas apresentam algumas dificuldades como a definição adequada
481 de materiais de referência que possam traduzir as percepções ou sensações exigindo
482 analista experiente, mas principalmente o longo tempo necessário para treinamento dos
483 avaliadores, com uso de maior volume de amostra e custo elevado (LAWLESS;
484 HEYMANN, 2010, ALCANTARA; FREITAS-SA, 2018).

485 Assim, novos métodos descritivos têm sido propostos principalmente para
486 diminuir os custos, reduzir o tempo necessário com treinamento de avaliadores, e garantir
487 a rápida descrição dos produtos (VALENTIN et al., 2012; ALCANTARA; FREITAS-
488 SA, 2018). Entre esses novos métodos descritivos destacamos o Perfil Flash e a Análise
489 de Dominância Temporal de Sensações.

490 O Perfil Flash (PF) é uma técnica que combina a criação de vocabulário individual
491 por meio de um perfil de escolha livre, com um procedimento de ordenação
492 tradicionalmente empregado em análise discriminativa, baseado na apresentação
493 simultânea de todo o conjunto que proporciona uma comparação direta das amostras
494 (DAIROU; SIEFFERMANN, 2002). O avaliador utiliza seu próprio vocabulário para
495 desenvolver descritores que possam ser utilizados para avaliar semelhanças e diferenças
496 entre as amostras e, em seguida, ordena as amostras para cada um dos atributos
497 (LAWLESS; HEYMANN, 2010). A análise é realizada numa só sessão, e de forma
498 individual (TERHAAG; BENASSI, 2011) e a técnica já foi utilizada com sucesso para a
499 caracterização de bebidas de café.

500 Kobayashi e Benassi (2012) compararam quatro bebidas de café solúvel de
501 diferentes marcas comerciais empregando uma equipe de 32 avaliadores e discriminaram
502 as amostras em relação a aparência, aroma, sabor e textura.

503 Kalschne et al. (2019) avaliaram a influência da adição de grãos PVA (pretos,
504 verdes e ardidos) tratados com vapor nos atributos sensoriais de bebidas de café *C.*
505 *arabica* e *C. canephora*. Uma equipe de 40 avaliadores caracterizou o conjunto de quatro
506 amostras e observou que a espécie de café teve mais impacto nas características sensoriais
507 que a adição do defeito tratado.

508 Reis et al. (2020) avaliaram a influência da adição de grãos PVA não tratados e
509 tratados com vapor nos atributos sensoriais de café solúvel *C. arabica* empregando uma
510 equipe com 24 avaliadores. A aplicação do vapor nos grãos PVA previamente ao processo
511 de torra permitiu o uso no *blend* com menor alteração de características provenientes no
512 café de base.

513 A análise de Dominância Temporal de Sensações (TDS) foi originada da
514 metodologia de Tempo-Intensidade, primeira técnica de análise temporal, que consistia
515 em registrar a evolução da intensidade de um atributo sensorial ao longo do tempo. Para
516 superar a limitação de avaliar um atributo de cada vez, foi proposto a TDS (PINEAU et
517 al., 2009).

518 A TDS descreve a evolução das percepções observadas ao longo do tempo da
519 degustação da amostra. A dominância pode ser definida como a sensação que atinge a
520 atenção dos avaliadores em um determinado momento, o que não significa que essa
521 sensação deva ser muito ou a mais intensa no produto (Varela et al., 2018). O teste é
522 conduzido apresentando-se em uma tela (de um computador ou outro dispositivo)
523 atributos previamente definidos, o avaliador é solicitado a iniciar a contagem de tempo e
524 selecionar o atributo que é percebido inicialmente como dominante. Quando o avaliador
525 considerar que a percepção dominante se alterou, ele deverá selecionar um novo atributo
526 dominante. Durante a avaliação um atributo pode ser escolhido mais de uma vez ou não
527 ser selecionado, e o programa registrará a sequência de atributos dominantes selecionados
528 por cada avaliador, permitindo depois considerar o conjunto da equipe. Os resultados são
529 representados através de curvas que apresentam a evolução da taxa de dominância para
530 cada atributo ao longo do tempo. Para cada intervalo de tempo, é computada a proporção
531 de respostas (número de avaliadores x replicatas) em que um atributo é considerado
532 dominante (SCHLICH; PINEAU, 2017). A técnica de TDS já foi utilizada com sucesso
533 para descrever os padrões sensoriais temporais de bebidas de café.

534 Charles et al. (2015) avaliaram a influência do grau de torra e da adição de açúcar
535 na percepção do sabor do café espresso, considerando nove atributos (doce, azedo,
536 amargo, adstringente, torrado, queimado, caramelo, vegetal e nozes) e empregando 18
537 avaliadores. Os cafés com diferentes graus de torra tinham maior variedade de atributos
538 dominantes com a adição de açúcar nas bebidas.

539 Evangelista et al. (2014), trabalhando com cafés fermentados com cepas de
540 leveduras selecionadas, avaliaram as características das bebidas obtidas, utilizando uma
541 lista com oito atributos (chocolate, ácido, amargo, fermentado, sabor de fruta, herbáceo,
542 caramelo e picante). Todos os cafés fermentados tinham em comum dominância do
543 atributo caramelo.

544 No estudo de Barbosa et al. (2019) foram comparados dois tipos de café arábica,
545 de procedências distintas e torrados sob duas condições diferentes. Foi empregado 12
546 avaliadores, sendo escolhidos seis atributos para avaliação (amargo, doce, ácido,
547 adstringente, sabor de café e sabor de torrado). As bebidas de torra média-clara tinham
548 dominância de ácido e as bebidas de torra escura tinham dominância de amargo e sabor
549 de torrado.

550 Reis et al. (2020) avaliaram a influência da adição de grãos defeituosos não
551 tratados e tratados com vapor em café solúvel *C. arabica* empregando uma equipe com
552 21 avaliadores e considerando os atributos gostos amargo, ácido, e doce, sabores de café
553 e torrado e sensação adstringente. O *blend* de café tratado com vapor apresentou
554 dominância de sabor de café similar a bebida de base.

555 Apesar da reconhecida importância da avaliação da qualidade da bebida por
556 especialistas, cabe considerar que essa informação nem sempre corresponde à opinião do
557 consumidor (GIACALONE et al., 2016).

558 O teste de aceitação possibilita prever o grau que o consumidor gosta de um
559 produto, que pode ser avaliado numericamente através de escalas. Entre elas destacamos,
560 a escala hedônica híbrida que é uma combinação entre as escalas estruturada e não
561 estruturada, e possui âncoras com rótulos afetivos verbais nas regiões média (“não
562 gostei/nem desgostei”) e extremas da escala (“desgostei extremamente” e “gostei
563 extremamente”) (VILLANUEVA et al., 2005).

564 A situação mais realista para avaliar a aceitação é testar um produto empregando
565 condição de uso doméstico. O teste de uso doméstico é realizado com consumidores
566 regulares do produto em estudo, que recebem o produto para que o preparem e sirvam em
567 como parte da rotina diária, podendo formar uma opinião nas condições normais de

568 consumo, e em seguida reportar sua aceitabilidade. Esses testes podem ser mais caros e
569 demorados do que avaliações em escala de laboratório, mas oferecem vantagens em
570 termos de validade dos dados, no entanto é preciso cuidado na orientação dos
571 consumidores para garantir o uso correto do produto e sua adequada avaliação. A
572 principal preocupação num teste de uso doméstico é medir a aceitabilidade geral do
573 produto; no entanto, quanto mais tempo estiver disponível para preencher o questionário
574 de avaliação, mais informações poderão ser coletadas sobre a percepção do consumidor
575 (STONE E SIDEL, 2004; LAWLESS; HEYMANN, 2010).

576 Bressani et al. (2021) propuseram o uso conjunto do teste de aceitação sensorial
577 e do método *Check-All-That-Apply* (CATA) para obter uma representação mais próxima
578 das percepções dos consumidores sobre as bebidas de café.

579 O método CATA consiste em empregar uma lista de atributos/termos (sensoriais,
580 emocionais, ou funcionais) para obter informações sobre a percepção dos consumidores
581 sobre determinados produtos. Os consumidores são solicitados a selecionar quantas
582 opções considerarem adequadas da lista CATA para descrever a amostra/produto em
583 avaliação (ARES et al., 2015).

584 Bressani et al. (2021) estudaram as características sensoriais de bebidas de *C.*
585 *arabica* fermentado aplicando uma lista com 12 descritores (CATA) com 101
586 consumidores, antes e após receberem informações sobre o produto. As bebidas foram
587 descritas, inicialmente, como mais associadas ao doce e caramelo e, após os consumidores
588 terem acesso as informações, passaram a ser descritas como associadas ao sabor cítrico e
589 frutado.

590 Condelli et al. (2022) utilizaram uma lista com 18 atributos (CATA) com 77
591 consumidores para caracterizar cafés Robusta e Arabica. As bebidas de Robusta foram
592 caracterizadas com os atributos torrado, forte, adstringente e amargo e as bebidas de
593 Arabica com os atributos terroso, caramelo, licoroso e tabaco.

594 Dessa forma, a caracterização pelo consumidor utilizando CATA pode ser
595 associada a informações de testes descritivos realizados no laboratório, como PF e TDS,
596 para compor um panorama mais completo sobre a percepção do produto.

597

598 REFERÊNCIAS

599

600 ABIC - Associação Brasileira da Indústria de Café. **Indicadores da indústria de café.**
601 2022. Disponível em: <[https://estatisticas.abic.com.br/estatisticas/indicadores-da-](https://estatisticas.abic.com.br/estatisticas/indicadores-da-industria/indicadores-da-industria-de-cafe-2022/)
602 [industria/indicadores-da-industria-de-cafe-2022/](https://estatisticas.abic.com.br/estatisticas/indicadores-da-industria/indicadores-da-industria-de-cafe-2022/)> Acesso em: 10 agosto 2023.

- 603 ABIC - Associação Brasileira da Indústria de Café. **Legislação**. 2023. Disponível em:
604 <https://www.abic.com.br/institucional/legislacao/> Acesso em: 02 setembro 2023.
605
- 606 ALCANTARA, M.; FREITAS-SA, D. G. C. Metodologias sensoriais descritivas mais
607 rápidas e versáteis – uma atualidade na ciência sensorial. *Brazilian Journal of Food*
608 *Technology*, v. 21, e2016179, 2018.
- 609
- 610 ALVES, J. D. Morfologia do cafeeiro. In: CARVALHO, C. H. S. **Cultivares de café**.
611 Brasília: Embrapa, 2007, p. 31-48.
612
- 613 ALVES, E. A.; SOUZA, C. A.; ROCHA, R. B.; PEREIRA, L. L.; LIMA, P. P.;
614 LOURENÇO, J. L. R. Efeito da fermentação sobre qualidade da bebida do café Robusta
615 (*Coffea canephora*) cultivado na Amazônia Ocidental. **Revista Ifes Ciência**, v. 6, n. 3,
616 p. 159–170, 2020.
- 617
- 618 ALVES, E. A. **Ciência e evolução social na cafeicultura Amazônica**. Disponível em:
619 <[http://www.consorciopesquisacafe.com.br/index.php/imprensa/noticias/1001-2020-06-](http://www.consorciopesquisacafe.com.br/index.php/imprensa/noticias/1001-2020-06-26-15-39-01)
620 [26-15-39-01](http://www.consorciopesquisacafe.com.br/index.php/imprensa/noticias/1001-2020-06-26-15-39-01)>. Acesso em: 10 agosto 2023.
621
- 622 ARES, G.; JAEGER, S. R. Check-all-that-apply (CATA) questions with consumers in
623 practice: experimental considerations and impact on outcome. **Rapid Sensory Profiling**
624 **Techniques**. p.227–245, 2015.
625
- 626 ASHIHARA, H. Plant biochemistry: trigonelline biosynthesis in *Coffea arabica* and
627 *Coffea canephora*. In: PREDDY, V. R. **Coffee in health and disease prevention**.
628 Cambridge: Academic Press, 2015, p. 19-28.
629
- 630 AYEIGN, A.; SABALLY, K. Determination of chlorogenic acids (CGA) in coffee
631 beans using HPLC. **American Journal of Research Communication**, v. 1, n. 2, p. 15,
632 2013.
633
- 634 BARBOSA, M. S. G.; FRANCISCO, J. S.; SCHOLZ, M. B. S.; KITZBERGER, C. S.
635 G.; BENASSI, M. T. Dynamics of sensory perceptions in arabica coffee brews with
636 diferente roasting degrees. **Journal of Culinary Science & Technology**, v. 17, n. 8, p.
637 1-12, 2019.
638
- 639 BLITTERSDORFF, M. von.; KLATT, C. The Grind – Particles and particularities. In:
640 FOLMER, B. **The craft and science of coffee**. Cambridge: Academic Press, 2017, p.
641 17-49.
642
- 643 BRASIL. Ministério da Saúde. **Guia alimentar para a população brasileira:**
644 **promovendo a alimentação saudável**. Brasília: Ministério da Saúde, 2014. 156 p.
645
- 646 BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa**
647 **n. 8**. Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade para a Classificação do Café
648 Beneficiado Grão Cru. 2003. Disponível em: <[https://www.gov.br/agricultura/pt-](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/normativos-cgqv/pocs/instrucao-normativa-no-8-de-11-de-junho-de-2003-cafe-grao-cru/view)
649 [br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/normativos-cgqv/pocs/instrucao-](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/normativos-cgqv/pocs/instrucao-normativa-no-8-de-11-de-junho-de-2003-cafe-grao-cru/view)
650 [normativa-no-8-de-11-de-junho-de-2003-cafe-grao-cru/view](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/normativos-cgqv/pocs/instrucao-normativa-no-8-de-11-de-junho-de-2003-cafe-grao-cru/view)>. Acesso em: 10 agosto
651 2023.
652

- 653 BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria SDA n. 570**
654 **de 9 de maio de 2022**. Estabelece o padrão oficial de classificação do café torrado.
655 2022. Disponível em: <[https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-sda-n-570-de-9-de-
657 maio-de-2022-398971389](https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-sda-n-570-de-9-de-
656 maio-de-2022-398971389)>. Acesso em: 10 agosto 2023.
- 658 BRESSANI, A. P. P.; MARTINEZ, S. J.; BATISTA, N. N.; SIMÃO, J. B. P.;
659 SCHWAN, R. F. Into the minds of coffee consumers: perception, preference, and
660 impact of information in the sensory analysis of specialty coffee. **Food Science and**
661 **Technology**, v. 41, n. suppl 2, p. 667–675, 2021.
- 662
663 BRIDSON, D. M. Nomenclatural notes on *Psilanthus*, including *Coffea* sect.
664 *Paracoffea* (Rubiaceae Tribe Coffeae). **Kew Bulletin**, v. 42, n. 2, p. 453, 1987.
- 665
666 CARNEIRO, S. M.; OLIVEIRA, M. B. P. P.; ALVES, R. C. Neuroprotective properties
667 of coffee: An update. **Trends in Food Science & Technology**, v. 113, p. 167–179,
668 2021.
- 669
670 CARVALHO, C. H. S. de. **Cultivares de café**. Brasília: Embrapa, 2007. 247 p.
- 671
672 CASSIMIRO, D. M. DE J.; BATISTA, N. N.; FONSECA, H. C.; et al. Wet
673 fermentation of *Coffea canephora* by lactic acid bacteria and yeasts using the self-
674 induced anaerobic fermentation (SIAF) method enhances the coffee quality. **Food**
675 **Microbiology**, v. 110, p. 104161, 2023.
- 676
677 CAVIN, C.; HOLZHAUSER, D.; CONSTABLE, A.; HUBET, A.C.; SCHILTER, B.
678 Cafestol and kahweol, two specific diterpenes with anticarcinogenic activity. **Food and**
679 **Chemical Toxicology**, v. 40, n. 8, p. 1155-1163, 2002.
- 680
681 CECAFÉ – Conselho dos Exportadores de Café do Brasil. **História do café**. 2023.
682 Disponível em: <<https://www.cecafe.com.br/sobre-o-cafe/historia-do-cafe/>>. Acesso
683 em: 10 agosto 2023a.
- 684
685 CECAFÉ – Conselho dos Exportadores de Café do Brasil. **Relatório mensal julho**
686 **2023 exportações brasileiras**. 2023. Disponível em:
687 <<https://www.cecafe.com.br/publicacoes/relatorio-de-exportacoes/>>. Acesso em: 10
688 agosto 2023b.
- 689
690 CHARLES, M.; ROMANO, A.; YENER, S.; BARNABÀ, M.; NAVARINI, L.;
691 D’MÄRK, T.; BIASOLI, F.; GASPERI, F. Understanding flavour perception of
692 espresso coffee by the combination of a dynamic sensory method and in-vivo nosespace
693 analysis. **Food Research International**, v. 69, p. 9-20, 2015.
- 694
695 CHU, Y. F.; CHEN, Y.; BLACK, R. M.; BROWN, P. H.; LYLE, B. J.; LIU, R. H. Type
696 2 diabetes-related bioactivities of coffee: assessment of antioxidante activity, NF-κB
697 inhibition, and stimulation of glucose uptake. **Food Chemistry**, v. 124, n. 2, p. 914–
698 920, 2011.
- 699
700 CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra**
701 **brasileira: café**, v. 9, n. 4. Brasília: Conab, 2022, 53 p. Disponível em:

- 702 <[https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafes/boletim-da-safra-de-caffe/item/19567-](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafes/boletim-da-safra-de-caffe/item/19567-4-levantamento-de-caffe-safra-2022)
703 [4-levantamento-de-caffe-safra-2022](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafes/boletim-da-safra-de-caffe/item/19567-4-levantamento-de-caffe-safra-2022)>. Acesso em: 10 agosto 2023.
- 704
- 705 CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra**
706 **brasileira: café**, v. 10, n. 2. Brasília: Conab, 2023, 45 p. Disponível em: <
707 [https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafes/boletim-da-safra-de-caffe/item/20652-2-](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafes/boletim-da-safra-de-caffe/item/20652-2-levantamento-de-caffe-safra-2023)
708 [levantamento-de-caffe-safra-2023](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafes/boletim-da-safra-de-caffe/item/20652-2-levantamento-de-caffe-safra-2023)>. Acesso em: 10 agosto 2023a.
- 709
- 710 CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Informações Agropecuárias. Série**
711 **Histórica das Safras: Café Conilon**. Disponível em: < [https://www.conab.gov.br/info-](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/896-caffe-conilon)
712 [agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/896-caffe-conilon](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/896-caffe-conilon)>. Acesso em:
713 31 julho 2023b.
- 714
- 715 CORBI-COBO-LOSEY, M. J.; MARTINEZ-GONZALEZ, M. Á.; GRIBBLE, A. K.; et
716 al. Coffee Consumption and the Risk of Metabolic Syndrome in the ‘Seguimiento
717 Universidad de Navarra’ Project. **Antioxidants**, v. 12, n. 3, p. 686, 2023.
- 718
- 719 DAIROU, V.; SIEFFERMANN, J. M. A Comparison of 14 jams characterized by
720 conventional profile and a quick original method, the Flash Profile. **Journal of Food**
721 **Science**, v. 67, n. 2, p. 826-834, 2002.
- 722
- 723 DIAS, R. C. E.; FARIA-MACHADO, A.; MERCADANTE, A.; BRAGAGNOLO, N.;
724 BENASSI, M. T. Roasting process affects the profile of diterpenes in coffee. **European**
725 **Food Research and Technology**, v. 239, n. 6, p. 961–970, 2014.
- 726
- 727 DIAS, R. C. E.; BENASSI, M. T. Discrimination between Arabica and Robusta coffees
728 using hydrosoluble compounds: Is the efficiency of the parameters dependent on the
729 roast degree? **Beverages**, v. 1, n. 3, p. 127–139, 2015.
- 730
- 731 ESPÍNDULA, M. C.; TEIXEIRA, A. L.; ROCHA, R. B.; RAMALHO, A. R.; VIEIRA
732 JÚNIOR, J. R.; ALVES, E. A.; DIOCLECIANO, J. M.; LUNZ, A. M. P.; SOUZA, F.
733 F.; COSTA, J. N. M.; FERNANDES, C. F. **Novas cultivares de cafeeiros *Coffea***
734 ***canephora* para a Amazônia Ocidental Brasileira – Principais características**.
735 Comunicado técnico 423, Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2019. 35 p
- 736
- 737 EVANGELISTA, S. R.; SILVA, C. F.; MIGUEL, M. G. P. DA C.; et al. Improvement
738 of coffee beverage quality by using selected yeasts strains during the fermentation in
739 dry process. **Food Research International**, v. 61, p. 183–195, 2014.
- 740
- 741 FARAH, A. Coffee constituents. In: CHU, Y.F. **Coffee: Emerging Health Effects and**
742 **Disease Prevention**. Nova Jersey: Wiley-Blackwell, 2012, p. 21-58.
- 743
- 744 FARAH, A. **Coffee: Production, Quality and Chemistry**. Londres: Royal Society of
745 Chemistry, 2019a. 836 p.
- 746
- 747 FARAH, A.; FERREIRA, T.; VIEIRA, A. C. Trigonelline and Derivatives. In: FARAH,
748 A. **Coffee: Production, Quality and Chemistry**. Londres: Royal Society of Chemistry,
749 2019b, p. 627-640.
- 750

- 751 FONSECA, A. F. A. da.; SALVA, T. J. G.; FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.;
752 VOLPI, P. S.; FILHO, A. C. V. GUARÇONI, R. Composição química de café Conilon
753 (*Coffea canephora*). In: VII SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 7.,
754 2011, Araxá. Anais... Brasília, DF: Embrapa Café, 2011. 5 p.
755
- 756 FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; VOLPI, P. S.; FILHO, A.
757 C. V.; PACOVA, B. E. V.; FERRÃO, L. F. *Coffea canephora* breeding. In: FERRÃO,
758 R. G.; FONSECA, A. F. A. da; FERRÃO, M. A. G.; MUNER, L. H. de. **Café Conilon**.
759 Vitória, ES: Incaper, 2019a, p. 145-201.
760
- 761 FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; VOLPI, P. S.; FILHO, A.
762 C. V.; TÓFFANO, J. L.; TRAGINO, P. H.; BRAGANÇA, S. M. Cultivars of Conilon
763 Coffee. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; MUNER, L. H.
764 de. **Café Conilon**. Vitória, ES: Incaper, 2019b, p. 255-287.
765
- 766 FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FILHO, A. C. V.; VOLPI,
767 P. S. Origin, geographical dispersion, taxonomy and genetic diversity of *Coffea*
768 *canephora*. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A. da; FERRÃO, M. A. G.;
769 MUNER, L. H. de. **Café Conilon**. Vitória, ES: Incaper, 2019c, p. 85-109.
770
- 771 FERRÃO, M. A. G.; SOUZA, E. M. R.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G. Self-
772 incompatibility and sustainable production of Conilon Coffee. In: FERRÃO, R. G.;
773 FONSECA, A. F. A. da; FERRÃO, M. A. G.; MUNER, L. H. de. **Café Conilon**.
774 Vitória, ES: Incaper, 2019d, p. 203-221.
775
- 776 FIOROTT, A. S.; STURM, G. M. Café canéfora: em busca de qualidade e
777 reconhecimento. In: MARCOLAN, A. L.; ESPINDULA, M. C. **Café na Amazônia**.
778 Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2015. p. 425-431.
779
- 780 FONSECA, A. F. A. DA; FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; FILHO, A. C. V. Café
781 Conilon do plantio à colheita. In: FONSECA, A. F. A. DA; SAKIYMA, N.; ALUIZIO,
782 B. **O café Conilon**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2015, p. 9-28.
783
- 784 GARG, S. K. Green coffee bean. In: RAMESH, C. **Nutraceuticals**. Cambridge:
785 Academic Press, p 653-667. 2016.
786
- 787 GEORGE, S.E.; RAMALAKSHMI, K.; RAO, L.J. M. A Perception on health benefits
788 of coffee. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 48, n.5, p. 464-486,
789 2008.
790
- 791 GIACALONE, D.; FOSGAARD, T. R.; STEEN, I.; MÜNCHOW, M. “Quality does not
792 sell itself”: Divergence between “objective” product quality and preference for coffee in
793 naïve consumers. **British Food Journal**, v. 118, n. 10, p. 2462-2474, 2016.
794
- 795 GLOESS, A. N.; SCHÖNBÄCHLER, B.; KLOPPROGGE, B.; et al. Comparison of
796 nine common coffee extraction methods: instrumental and sensory analysis. **European**
797 **Food Research and Technology**, v. 236, n. 4, p. 607-627, 2013.
798

- 799 GROSSO, G.; GODOS, J.; GALVANO, F.; GIOVANNUCCI, E. L. Coffee, Caffeine,
800 and Health Outcomes: An Umbrella Review. **Annual Review of Nutrition**, v. 37, n. 1,
801 p. 131–156, 2017.
- 802
803 HEČIMOVIĆ, I.; BELŠČAK-CVITANOVIĆ, A.; HORŽIĆ, D.; KOMES, D.
804 Comparative study of polyphenols and caffeine in different coffee varieties affected by
805 the degree of roasting. **Food Chemistry**, v. 129, 991–1000, 2011.
- 806
807 HERRERA, J. C.; LAMBOT, C. The Coffee Treed - Genetic Diversity and Origin. In:
808 FOLMER, B. **The Craft and Science of Coffee**. Cambridge: Academic Press, 2017, p.
809 17-49.
- 810
811 HU, G. L.; WANG, X.; ZHANG, L.; QIU, M. H. The sources and mechanisms of
812 bioactive ingredients in coffee. **Food & Function**, v. 10, n. 6, p. 3113–3126, 2019.
- 813
814 JAISWAL, R.; PATRAS, M. A.; ERAVUCHIRA, P. J.; KUHNERT, N. Profile and
815 Characterization of the Chlorogenic Acids in Green Robusta Coffee Beans by LC-MSⁿ
816 : Identification of Seven New Classes of Compounds. **Journal of Agricultural and**
817 **Food Chemistry**, v. 58, n. 15, p. 8722–8737, 2010.
- 818
819 KALSCHNE, D. L.; BIASUZ, T.; DE CONTI, A. J.; et al. Sensory characterization and
820 acceptance of coffee brews of *C. arabica* and *C. canephora* blended with steamed
821 defective coffee. **Food Research International**, v. 124, p. 234–238, 2019.
- 822
823 KIRKLAND, J. B.; MEYER-FICCA, M. L. Niacin. **Advances in Food and Nutrition**
824 **Research**. v. 83, p.83–149, 2018.
- 825
826 KLEINWÄCHTER, M.; BYTOF, G.; SELMAR, D. Coffee Beans and Processing. In:
827 PREDDY, V. R. **Coffee in health and disease prevention**. Cambridge: Academic
828 Press, 2015, p. 73-81.
- 829
830 KOBAYASHI, M. L.; BENASSI, M. T. Caracterização sensorial de cafés solúveis
831 comerciais por Perfil Flash. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. Supl2, p. 3069–3074,
832 2012.
- 833
834 KY, C. L.; LOUARN, J.; DUSSERT, S.; et al. Caffeine, trigonelline, chlorogenic acids
835 and sucrose diversity in wild *Coffea arabica* L. and *C. canephora* P. accessions. **Food**
836 **Chemistry**, v. 75, n. 2, p. 223–230, 2001.
- 837
838 LAMBOT, C.; HERRERA, J. C.; BERTRAND, B.; SADEGHIAN, S.; BENAVIDES,
839 P.; GAITA, A. Cultivating Coffee Quality - Terroir and Agro-Ecosystem. In: FOLMER,
840 B. **The Craft and Science of Coffee**. Cambridge: Academic Press, 2017, p. 17-49.
- 841
842 LAWLESS, H. T.; HEYMANN, H. Sensory evaluation of food – Principles and
843 practices. Springer, 2010. 620 p.
- 844
845 LINGLE, T. R.; MENON, S. N. Cupping and Grading – Discovering Character and
846 Quality. In: FOLMER, B. **The Craft and Science of Coffee**. Cambridge: Academic
847 Press, 2017. p. 181-204.
- 848

- 849 LU, H.; TIAN, Z.; CUI, Y.; LIU, Z.; MA, X. Chlorogenic acid: A comprehensive
850 review of the dietary sources, processing effects, bioavailability, beneficial properties,
851 mechanisms of action, and future directions. **Comprehensive Reviews in Food Science
852 and Food Safety**, v. 19, n. 6, p. 3130–3158, 2020.
- 853
854 LUDWIG, I. A.; SANCHEZ, L.; CAEMMERER, B.; et al. Extraction of coffee
855 antioxidants: Impact of brewing time and method. **Food Research International**, v. 48,
856 n. 1, p. 57–64, 2012.
- 857
858 LUDWIG, I. A.; CLIFFORD, M. N.; LEAN, M. E.; ASHIHARA, H.; CROZIER, A.
859 Coffee: biochemistry and potential impact on health. **Food & Function**, v. 5, n. 8, p.
860 1695-1717, 2014.
- 861
862 LYGNSO, J.; RAMLAU-HANSEN, C. H.; BAY, B.; et al. Association between coffee
863 or caffeine consumption and fecundity and fertility: a systematic review and dose-
864 response meta-analysis. **Clinical Epidemiology**, v. 9, p. 699–719, 2017.
- 865
866 MARCOLAN, A. L.; RAMALHO, A. R.; MENDES, A. M.; TEIXEIRA, C. A. D.;
867 FERNANDES, C. F.; COSTA, J. N. M.; VIEIRA JÚNIOR, J. R.; OLIVEIRA, S. J. M.;
868 FERNANDES, S. R.; VENEZIANO, W. **Cultivo dos Cafeeiros Conilon e Robusta
869 para Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2009. 61 p.
- 870
871 MARCOLAN, A. L.; ESPINDULA, M. C. **Café na Amazônia**. 1. ed. Porto Velho, RO:
872 Embrapa Rondônia, 2015. 474 p.
- 873
874 MESQUITA, C. M.; REZENDE, J. E.; CARVALHO, J. S.; FABRI JÚNIOR, M. A.;
875 MORAES, N. C.; DIAS, P. T.; CARVALHO, R. M.; ARAÚJO, W. G. **Manual do
876 café: colheita e preparo (Coffea arabica L.)**. Belo Horizonte, MG: Emater, 2016. 52 p.
- 877
878 MINISTÉRIO DAS RELAÇÕES EXTERIORES. **Brazilian Coffees with
879 Geographical Indication**. 2021. Disponível em: <[https://www.gov.br/mre/pt-
880 br/embaixada-
881 berlin/promocaoocomercial/books_publicacoes/b08_coffeegeographical.pdf](https://www.gov.br/mre/pt-br/embaixada-berlim/promocaoocomercial/books_publicacoes/b08_coffeegeographical.pdf)>. Acesso
882 em: 10 agosto 2023.
- 883
884 MOEENFARD, M.; ERNY, G. L.; ALVES, A. Determination of diterpene esters in
885 green and roasted coffees using direct ultrasound assisted extraction and HPLC–DAD
886 combined with spectral deconvolution. *Journal of Food Measurement and
887 Characterization*, v. 14, n. 3, p. 1451–1460, 2020.
- 888
889 MORAIS, J. A. DE; ROCHA, R. B.; ALVES, E. A.; et al. Beverage quality of *Coffea*
890 *canephora* genotypes in the western Amazon, Brazil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.
891 43, p. e52095, 2021.
- 892
893 MOREIRA, A. S. P.; SIMÕES, J.; PASSOS, C. P.; NUNES, F. M.; DOMINGUES, M.
894 R. M.; COIMBRA, M. A. Melanoidins. In: FARAH, A. **Coffee: Production, Quality
895 and Chemistry**. Londres: Royal Society of Chemistry, 2019, p. 662-678.
- 896

- 897 MORI, A. L. B.; GARCIA, A. O.; FERRÃO, M. A. G.; et al. Sensory profile of conilon
898 coffee brews from the state of Espírito Santo, Brazil. **Pesquisa Agropecuária**
899 **Brasileira**, v. 53, n. 9, p. 1061–1069, 2018.
900
- 901 MUNYENDO, L. M. Coffee phytochemicals and post-harvest handling—A complex
902 and delicate balance. *Journal of Food Composition and Analysis*, p. 11, 2021. NEHLIG,
903 A. Effects of coffee/caffeine on brain health and disease: What should I tell my
904 patients? **Practical Neurology**, v. 16, n. 2, p. 89–95, 2016.
905
- 906 OIC - Organização Internacional do Café. **Relatório sobre o mercado de café - junho**
907 **de 2023**. 2023. Disponível em:
908 <[http://www.consorcioquesquisacafe.com.br/images/stories/noticias/2021/2023/Junho/rel](http://www.consorcioquesquisacafe.com.br/images/stories/noticias/2021/2023/Junho/relatorio_oic_junho_2023.pdf)
909 [atorio_oic_junho_2023.pdf](http://www.consorcioquesquisacafe.com.br/images/stories/noticias/2021/2023/Junho/relatorio_oic_junho_2023.pdf)>. Acesso em: 10 agosto 2023.
910
- 911 PACETTI, D.; LUCCI, P.; FREGA, N. G. Unsaponifiable Matter of Coffee. In:
912 PREDDY, V. R. **Coffee in health and disease prevention**. Cambridge: Academic
913 Press, 2015, p. 73-81.
914
- 915 PECK, J. D.; LEVITON, A.; COWAN, L. D. A review of the epidemiologic evidence
916 concerning the reproductive health effects of caffeine consumption: A 2000–2009
917 update. **Food and Chemical Toxicology**, v. 48, n. 10, p. 2549–2576, 2010.
918
- 919 PEREIRA, R. C. A.; SOUZA, J. M. L.; AZEVEDO, K. S.; SALES, F. **Obtenção de**
920 **café com qualidade no Acre**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2000. 27 p.
921
- 922 PEREIRA, L. L.; MORELI, A. P.; BRIOSCHI JÚNIOR, D.; SOUSA, L. H. B. P.;
923 MARCATE, J. P. P.; OLIVEIRA, G. F.; DEBONA, D. G.; GUARÇONI, R. C.
924 Construção de perfil sensorial para o café Conilon fermentado. **Revista Ifes Ciência**, v.
925 5, n. 2, p. 242–252, 2019.
926
- 927 PEREIRA, L. L.; GOMES, W. S.; GUERRA, A. C. M.; CAON, B. L.; PARTELLI, F.
928 L. Fermentação, reflexos na cafeicultura. In: PARTELLI, F. L.; PEREIRA, L. L. **Café**
929 **Conilon: Conilon e Robusta no Brasil e no Mundo**. Alegre: CAUFES, 2021, pp. 163-
930 176.
931
- 932 PEREIRA, T. S.; BATISTA, N. N.; SANTOS PIMENTA, L. P.; et al. Self-induced
933 anaerobiosis coffee fermentation: Impact on microbial communities, chemical
934 composition and sensory quality of coffee. **Food Microbiology**, v. 103, p. 103962,
935 2022.
936
- 937 PERRONE, D.; FARAH, A.; DONANGELO, C. M. Influence of Coffee Roasting on
938 the Incorporation of Phenolic Compounds into Melanoidins and Their Relationship with
939 Antioxidant Activity of the Brew. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.
940 60, n. 17, p. 4265–4275, 2012.
941
- 942 PETKOWICZ, C. L. O. Polysaccharides in Coffee and Their Relationship to Health: An
943 Overview. In: PREDDY, V. R. **Coffee in health and disease prevention**. Cambridge:
944 Academic Press, 2015, p. 163-172.
945

- 946 PHAM, N. N.; PREDDY, V. R. Coffee Consumption and C-reactive Protein:
947 Epidemiological Studies. In: FOLMER, B. **The Craft and Science of Coffee**.
948 Cambridge: Academic Press, 2017, p. 323-334.
- 949
950 PINEAU, N.; SCHLICH, P.; CORDELLE, S.; MATHONNIÈRE, C.; ISSANCHOU, S.;
951 IMBERT, A.; ROGEAUX, M.; ETIÉVANT, P.; KÖSTER, E. Temporal Dominance of
952 Sensations: Construction of the TDS curves and comparison with time-intensity. **Food**
953 **Quality and Preference**, v. 20, p. 450-455, 2009.
- 954
955 POOLE, R.; KENNEDY, O. J.; RODERICK, P.; et al. Coffee consumption and health:
956 umbrella review of meta-analyses of multiple health outcomes. **BMJ**, v. 359, p. j5024,
957 2017.
- 958
959 RAMALHO, A. R.; ALVES, E. A.; ROCHA, R. B.; TEIXEIRA, A. L.; VIEIRA
960 JÚNIOR, J. R.; ESPÍNDULA, M. C.; SILVA, R. K. **Robustas Amazônicas I: Sinopse**
961 **da evolução progressiva da qualidade de bebida na cafeicultura rondoniense**. In:
962 SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 10., 2019, Vitória. Pesquisa,
963 Inovação e Sustentabilidade dos Cafés do Brasil. Anais... Brasília, DF: Embrapa Café,
964 2019.
- 965
966 REIS, T. A. D.; CONTI, A. J.; MORI, A. L. B.; BENASSI, M. T. Sensory description
967 of instant coffee brews with *Coffea canephora* steamed defective beans. In:
968 KALSCHNE, D.; CORSO, M. P.; DIAS, R. C. E. **Innovations in coffee quality**. Nova
969 Science Publishers, 2020, 203 p.
- 970
971 ROCHA, R. B.; TEIXEIRA, A. L.; RAMALHO, A. R.; SOUZA, F. F. Melhoramento
972 de *Coffea canephora* – considerações e metodologias. In: MARCOLAN, A. L.;
973 ESPINDULA, M. C. **Café na Amazônia**. 1. ed. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia,
974 2015. p.101-126.
- 975
976 ROSA NETO, C.; ARAÚJO, L. V.; RAMOS, J. E. L. Aspectos de produção e
977 comercialização da cadeia agroindustrial do café em Rondônia. In: MARCOLAN, A.
978 L.; ESPINDULA, M. C. **Café na Amazônia**. 1. ed. Porto Velho, RO: Embrapa
979 Rondônia, 2015. p. 449-474.
- 980
981 RUFINO, J. L. S. **Programa Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento do Café:**
982 **antecedentes, criação e evolução**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006.
983 348 p.
- 984
985 SAMANIDOU, V. F. Determination of Polyphenols and Major Purine Alkaloids in
986 Coffee: An Overview. In: PREDDY, V. R. **Coffee in health and disease prevention**.
987 Cambridge: Academic Press, 2015, p. 971-981.
- 988
989 SAFE, S., KOTHARI, J., HAILEMARIAM, A., UPADHYAY, S., DAVIDSON, L. A.,
990 CHAPKIN, R. S. Health benefits of coffee consumption for cancer and other diseases
991 and mechanisms of action. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 24, n. 3,
992 p. 2706, 2023.
- 993
994 SÃO PAULO. Resolução SAA (Secretaria de Agricultura e Abastecimento) nº 31, de 22
995 de junho de 2007. Define Norma de Padrões Mínimos de Qualidade para Café Torrado

- 996 em Grão e Torrado e Moído – Classificação Especial: Café Gourmet. **Diário Oficial de**
997 **São Paulo**: Seção 1, São Paulo, SP, p. 24/25, 23 jun. 2007
- 998
- 999 SCAA. Specialty Coffee Association of America. **Green Coffee Grading**
1000 **Protocols**. Disponível em: <[https://sca.coffee/research/protocols-best-](https://sca.coffee/research/protocols-best-practices?page=resources&d=green-coffee-protocols)
1001 [practices?page=resources&d=green-coffee-protocols](https://sca.coffee/research/protocols-best-practices?page=resources&d=green-coffee-protocols)>. Acesso em: 10 agosto 2023.
- 1002
- 1003 SCHENKER, S.; ROTHGEB, T. The Roast – Creating the Beans’ Signature. In:
1004 FOLMER, B. **The Craft and Science of Coffee**. Cambridge: Academic Press, 2017, p.
1005 17-49.
- 1006
- 1007 SCHLICH, P.; PINEAU, N. Temporal Dominance of Sensations. In: HORT, J.; KEMP,
1008 S. E.; HOLLOWOOD, T. **Time-Dependent Measures of Perception in Sensory**
1009 **Evaluation**. 1. ed. Nova Jersey: Wiley Blackwell, 2017. p. 283-320.
- 1010
- 1011 SENAR – Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Café: classificação e degustação**.
1012 Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. – Brasília: SENAR, 2017. 112 p.
- 1013
- 1014 SHEPHERD, R. Attitudes and beliefs as determinants of food choice. In: FONSECA,
1015 A. F. A.; SAKIYMA, N.; ALUIZIO, B. **O café Conilon**. Viçosa: Editora UFV, 2015, p.
1016 204-230.
- 1017
- 1018 SILVA, C.; BATISTA, L.; ABREU, L.; DIAS, E.; SCHWAN, R. Succession of
1019 bacterial and fungal communities during natural coffee (*Coffea arabica*) fermentation.
1020 **Food Microbiology**, v. 25, n. 8, p. 951–957, 2008.
- 1021
- 1022 SILVA, M. J. G.; SARAIVA, F. A. M.; SILVA, A. A. G.; SANTOS NETO, L. A.;
1023 QUERINO, C. A. S. Clima. In: MARCOLAN, A. L.; ESPINDULA, M. C. **Café na**
1024 **Amazônia**. 1. ed. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2015a. p.41-54.
- 1025
- 1026 SILVA, L. C.; MORELI, A. P.; SIQUEIRA, A. J. H. Café: preparo, secagem e
1027 armazenamento. In: MARCOLAN, A. L.; ESPINDULA, M. C. **Café na Amazônia**.
1028 Brasília: Embrapa, 2015b. p. 359-382.
- 1029
- 1030 SILVA, L. C.; MORELI, A. P.; JOAQUIN, T. N. M. Café: beneficiamento e
1031 industrialização. In: MARCOLAN, A. L.; ESPINDULA, M. C. **Café na Amazônia**.
1032 Brasília: Embrapa, 2015c. p. 383-398.
- 1033
- 1034 SIMÕES, J.; MOREIRA, A. S. P.; PASSOS, C. P.; NUNES, F. M.; DOMINGUES, R.
1035 M.; COIMBRA, M. A. Polysaccharides and Other Carbohydrates. In: FARAH, A.
1036 **Coffee: Production, Quality and Chemistry**. Londres: Royal Society of Chemistry,
1037 2019, p. 445-457.
- 1038
- 1039 SOUZA, F. F.; SANTOS, J. C. F.; COSTA, J. N. M.; SANTOS, M. M.. **Características**
1040 **das principais variedades de café cultivadas em Rondônia**. Porto Velho: Embrapa
1041 Rondônia, 2004. 26 p.
- 1042
- 1043 SOUZA, R. M. N.; BENASSI, M. T. Discrimination of commercial roasted and ground
1044 coffees according to chemical composition. **Journal of the Brazilian Chemical**
1045 **Society**, v. 23, n. 7, p. 1347–1354, 2012.

- 1046 SOUZA, A. M.; PEREIRA, R. A.; YOKOO, E. M.; LEVY, R. B.; SICHIERI, R.
1047 Alimentos mais consumidos no Brasil: Inquérito Nacional de Alimentação 2008-2009.
1048 **Revista de Saúde Pública**, v. 47, n. suppl 1, p. 190s–199s, 2013.
1049
- 1050 SOUZA, C. A.; ROCHA, R. B.; ALVES, E. A.; TEIXEIRA, A. L.; DALAZEN, J. R.;
1051 FONSECA, A. F. A. Characterization of beverage quality in *Coffea canephora* Pierre
1052 ex A. Froehner. **Coffee Science**, v. 13, n. 2, p. 210-218, 2018.
1053
- 1054 SOUZA, C. A.; ALVES, E. A.; ROCHA, R. B.; ESPINDULA, M. C.; TEIXEIRA, A.
1055 L. Perfis sensoriais dos cafeeiros cultivados na Amazônia Ocidental. In: PARTELLI, F.
1056 L.; PEREIRA, L. L. **Café Conilon: Conilon e Robusta no Brasil e no Mundo**. Alegre:
1057 CAUFES, 2021, pp. 187-198.
1058
- 1059 STONE, H.; SIDEL, J. L. Affective testing. In: STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory**
1060 **Evaluation Practices**. New York: Academic Press, 2004, p. 247-277.
1061
- 1062 SPEER, K.; KÖLLING-SPEER, I. The lipid fraction of the coffee bean. **Brazilian**
1063 **Journal of Plant Physiology**, v. 18, n. 1, p. 201–216, 2006.
1064
- 1065 SPEER, K.; KÖLLING-SPEER, I. Lipids. In: FARAH, A. **Coffee: Production,**
1066 **Quality and Chemistry**. Londres: Royal Society of Chemistry, 2019, p. 458-504.
1067
- 1068 STEFANELLO, N.; SPANEVELLO, R. M.; PASSAMONTI, S.; PORCIÚNCULA, L.;
1069 BONAN, C. D.; OLABIYI, A. A.; ROCHA, J. B. T.; ASSMANN, C. E.; MORSCH, V.
1070 M.; SCHETINGER, M. R. C. Coffee, caffeine, chlorogenic acid, and the purinergic
1071 system. **Food and Chemical Toxicology**, v. 123, p. 298-313, 2019.
1072
- 1073 TEIXEIRA, A. L.; ROCHA, R. B.; ESPÍNDULA, M. C.; RAMALHO, A. R.; VIEIRA
1074 JÚNIOR, J. R.; ALVES, E. A.; LUNZ, A. M. P.; SOUZA, F. F.; COSTA, J. N. M.;
1075 FERNANDES, C. F. Amazonian Robustas - new *Coffea canephora* coffee cultivars for
1076 the Western Brazilian Amazon. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 20,
1077 n.3, p. 1-5, 2020.
1078
- 1079 TERHAAG, M. M.; BENASSI, M. T. Perfil Flash: uma opção para análise descritiva
1080 rápida. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 14, p. 140- 151, 2011.
1081
- 1082 TORRES-COLLADO, L.; COMPAÑ-GABUCIO, L. M.; GONZÁLEZ-PALACIOS, S.;
1083 NOTARIO-BARANDIARAN, L.; ONCINA-CÁNOVAS, A.; VIOQUE, J.; GARCÍA-
1084 DE LA HERA, M. Coffee consumption and all-cause, cardiovascular, and
1085 cancer mortality in an adult mediterranean population. **Nutrients**, v. 13, n. 4, p. 1241,
1086 2021.
1087
- 1088 UCDA- Uganda Coffee Development Authority. **Robusta cupping protocols**. PSCB
1089 123/10. Londres, Inglaterra, Julho de 2010. Disponível em:
1090 <<http://dev.ico.org/documents/pscb-123-p-robusta.pdf>>. Acesso em: 10 agosto 2023.
1091
- 1092 VALENTIN, D.; CHOLLET, S.; LELIÈVRE, M.; ABDI, H. Quick and dirty but still
1093 pretty good: a review of new descriptive methods in food science. **International**
1094 **Journal of Food Science & Technology**, v. 47, n. 8, p. 1563-1578, 2012.
1095

- 1096 VARELA, P.; ANTÚNEZ, L.; CARLEHÖG, M.; et al. What is dominance? An
1097 exploration of the concept in TDS tests with trained assessors and consumers. **Food**
1098 **Quality and Preference**, v. 64, p. 72–81, 2018.
1099
- 1100 VIGNOLI, J. A.; VIEGAS, M. C.; BASSOLI, D. G.; BENASSI, M. T. Roasting process
1101 affects differently the bioactive compounds and the antioxidant activity of arabica and
1102 robusta coffees. **Food Research International**, v. 61, n. 1, p. 279–285, 2014.
1103
- 1104 VILLANUEVA, N. D. M.; PETENATE, A. J.; SILVA, M. A. A. P. Performance of the
1105 hybrid hedonic scale as compared to the traditional hedonic, self-adjusting and ranking
1106 scales. **Food Quality and Preference**, v. 16, n. 8, p. 691–703, 2005.
1107
- 1108 YOSHINARI, O.; IGARASHI, K. Antidiabetic effects of trigonelline: Comparison with
1109 nicotinic acid. In: PREEDY, V. R. **Coffee in Health and Disease Prevention**. 1 ed.
1110 Cambridge: Academic Press, 2015. p. 765-775.
1111
- 1112 WANG, X.; LIM, L. T. Physicochemical Characteristics of Roasted Coffee. In:
1113 PREDDY, V. R. **Coffee in health and disease prevention**. Cambridge: Academic
1114 Press, 2015, p. 247-254.
1115
1116
1117
1118
1119
1120
1121
1122
1123
1124
1125
1126
1127
1128
1129
1130
1131
1132
1133
1134
1135
1136
1137
1138
1139
1140
1141
1142
1143
1144

**CAPÍTULO 2: TEORES DE CAFEÍNA, TRIGONELINA, ÁCIDOS
CLOROGÊNICOS, MELANOIDINAS E DITERPENOS DE CAFÉS *Coffea*
canephora PRODUZIDOS NA AMAZÔNIA**

**Artigo publicado na Revista Journal of Food Composition and Analysis (DOI:
10.1016/j.jfca.2023.105140)**

Teores de cafeína, trigonelina, ácidos clorogênicos, melanoidinas e diterpenos de cafés *Coffea canephora* produzidos na Amazônia

Thayna Viencz^{a*}, Lucas Bonfanti Acre^a, Rodrigo Barros Rocha^b, Enrique Anastácio Alves^b, André Rostand Ramalho^b, Marta de Toledo Benassi^a

^aDepartamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Londrina (UEL), 86057-970, Londrina, PR, Brasil, thayviencz@hotmail.com; lucasbonfanti97@gmail.com; martatb@uel.br

^bEmpresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA Rondônia), 76815-800, Porto Velho, RO, Brasil, rodrigo.rocha@embrapa.br; enrique.alves@embrapa.br; andre.rostand@embrapa.br

*Autor para correspondência: Thayna Viencz, thayviencz@hotmail.com, tel:+55 43 3371-5970

RESUMO: O objetivo do estudo foi caracterizar o perfil de composição de cafés *C. canephora* de boa qualidade de bebida, produzidos na Amazônia Ocidental. Foram estudados 57 clones da variedade Robusta e 10 híbridos intervarietais de Conilon e Robusta (BRS 1216, BRS 2299, BRS 2314, BRS 2336, BRS 2357, BRS 3137, BRS 3193, BRS 3210, BRS 3213 e BRS 3220). Os cafés torrados foram avaliados em relação aos teores de cafeína, trigonelina, ácidos clorogênicos (ACG), melanoidinas, e dos diterpenos caveol, cafestol e 16-*O*-metilcafestol (16-OMC). Os resultados foram submetidos a ANOVA e teste de agrupamento de médias de Scott Knott ($p \leq 0,05$), e Análise de Componentes Principais. No geral, os cafés tinham altos teores de cafeína (1,63 a 3,57 g 100 g⁻¹), trigonelina (0,60 a 1,15 g 100 g⁻¹), ACG (3,93 a 6,37 g 100 g⁻¹) e 16-OMC (0,082 a 0,372 g 100 g⁻¹). Observou-se teores de 10 a 17,9 g 100 g⁻¹ para melanoidinas, de 0,068 a 0,427 g 100 g⁻¹ para cafestol e de 0,218 a 0,707 g 100 g⁻¹ para diterpenos totais, e presença de caveol em 20% das amostras estudadas. O parâmetro cafeína/diterpenos totais possibilitou a identificação da espécie *C. canephora*. Os Robusta foram caracterizados pelos maiores teores de trigonelina, melanoidinas, e 16-OMC, e os híbridos, pelos maiores teores de cafeína, ACG, cafestol e diterpenos totais.

Palavras-chave: ácidos clorogênicos; análise de alimentos; cafeína; composição de alimentos; diterpenos; trigonelina; híbridos intervarietais; Robusta.

1 INTRODUÇÃO

O café é uma bebida levemente amarga, produzida a partir dos grãos (*Coffea* sp.) torrados, amplamente consumida em todo o mundo. No ano-cafeeiro 2020-2021, 58% da produção mundial de café foi composta pela espécie *Coffea arabica* e 42% pela espécie *Coffea canephora* (OIC, 2021).

Percebido durante anos pelo mercado como um produto de menor qualidade, o café *C. canephora* tinha preços baixos de comercialização, por isso os produtores tentavam produzir a um custo mínimo, o que resultava em manter a baixa qualidade. Entretanto, face ao problema de menor resistência de *C. arabica* às mudanças climáticas,

47 o interesse pelo cultivo de *C. canephora* vem crescendo continuamente, em paralelo ao
48 aumento de qualidade do produto (SCAA, 2020). Atualmente, cafés *C. canephora* são
49 reconhecidos como especiais pela Associação Americana de Cafés Especiais (Lingle &
50 Menon, 2017; Teixeira et al., 2020). A avaliação de qualidade de bebidas de *C. canephora*
51 é feita empregando Protocolo de Degustação de Robustas Finos – PDRF (2010),
52 específico para a espécie, permitindo identificar os cafés com boa qualidade de bebida (>
53 70 em escala de 100 pontos) (UCDA, 2010; Lingle & Menon, 2017; Dalazen et al., 2020).

54 O Brasil é o maior produtor e exportador de café verde, e segundo maior
55 consumidor mundial de café torrado (ABIC, 2020; CONAB, 2021). Vietnã é o maior
56 produtor mundial de *C. canephora* seguido do Brasil com 17,7 milhões de sacas de 60 kg
57 em 2022; A produção brasileira cresceu mais de 50% nos últimos 20 anos; o aumento na
58 produtividade da espécie pode ser atribuído ao melhoramento genético e a introdução de
59 cultivares clonais nas lavouras de diversas regiões do país (CONAB, 2013; Ferrão et al.,
60 2020; CONAB, 2022; OIC, 2022).

61 O cafeeiro *C. canephora* apresenta duas variedades botânicas distintas, Conilon
62 e Robusta que são cultivadas comercialmente e que podem ser reconhecidas em campo,
63 no Brasil há predominância na produção da primeira (Ferrão et al., 2019a). As plantas de
64 Conilon apresentam menor porte, folhas e frutos menores, são tolerantes à seca, e menos
65 resistentes à ferrugem alaranjada do café (*Hemileia vastatrix*). As plantas de Robusta
66 apresentam maior porte e vigor, são mais exigentes quanto ao aporte hídrico e mais
67 resistentes à ferrugem e ao nematoide das galhas (*Meloidogyne* spp.), além de maior
68 potencial para produção de bebida fina (Espindula et al., 2019; Ferrão et al., 2019b). Os
69 cafezais do estado de Rondônia se diferenciam pela presença do Conilon, do Robusta e
70 das plantas híbridas provenientes da hibridação entre essas variedades devido ao histórico
71 de introdução de materiais realizado nessa região (Silva et al., 2015; Ferrão et al., 2019a).
72 Essa hibridação pode ser natural, quando ocorre cruzamento espontâneo entre plantas no
73 campo, ou pode ser controlada quando os cruzamentos são direcionados por técnicas de
74 melhoramento genético (Morais et al., 2021), como as amostras desse estudo.

75 Inicialmente os programas de melhoramento de *C. canephora* trabalharam com
76 foco na produtividade, redução da bienalidade e resistência a pragas e doenças,
77 selecionando genótipos de mesmo ciclo de maturação que em conjunto, deram origem as
78 primeiras cultivares de café registradas, como a BRS Ouro Preto em 2012 (Espindula et
79 al., 2019; Teixeira et al., 2020). Estudos voltados para qualidade da bebida vêm se
80 intensificando mais recentemente, contribuindo para a valorização desse café e melhor

81 remuneração do cafeicultor (Alves, 2020; Teixeira et al., 2020; Moraes et al., 2021). Em
82 julho de 2021, foi obtida a primeira Indicação Geográfica (Denominação de Origem) de
83 café *C. canephora* do mundo, a de Matas de Rondônia, agregando valor ao produto.

84 O café caracteriza-se como uma rica fonte de compostos bioativos como cafeína,
85 trigonelina, ácidos clorogênicos, melanoidinas e diterpenos. Assim o consumo regular e
86 moderado da bebida apresenta efeitos benéficos para a saúde do consumidor, como
87 favorecimento da microbiota intestinal, melhor funcionamento cognitivo, efeito
88 hepatoprotetor, e redução da incidência de doenças coronárias, diabetes *mellitus*, doença
89 de Parkinson e Alzheimer, e alguns tipos de câncer (Ludwig et al., 2014; Hu et al., 2019;
90 Lu et al., 2020; Moeenfarid & Alves, 2020; Pereira et al., 2020; Munyendo et al., 2021).
91 No geral, cafés da espécie *C. canephora* se caracterizam por um maior teor de compostos
92 bioativos que *C. arabica* (Dias et al., 2014; Vignoli et al., 2014; Dias & Benassi, 2015;
93 Finotello et al., 2017; Portela et al., 2021) mas estudos de avaliação da composição de *C.*
94 *canephora* ainda são escassos. A maioria dos trabalhos já desenvolvidos com *C.*
95 *canephora* torrado, avaliaram um pequeno número de amostras, com exceção da
96 caracterização de diterpenos por Mori et al. (2016) e Francisco et al. (2021) com 30
97 amostras de Conilon e híbridos intervarietais naturais brasileiros, respectivamente, e
98 Finotello et al. (2017), em 39 Robustas procedentes da Ásia e África.

99 O objetivo do estudo foi caracterizar o perfil de composição química dos cafés de
100 boa qualidade de bebida produzidos na região da Amazônia Ocidental, Robustas e
101 híbridos intervarietais de *C. canephora*. Verificou-se, ainda, a aplicabilidade de
102 parâmetros de composição na identificação da espécie.

103

104 **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

105 **2.1 Reagentes, padrões e equipamentos**

106 Reagentes, solventes e materiais que foram utilizados: acetonitrila grau HPLC
107 (Merck, Darmstadt, Alemanha); ácido acético (pureza $\geq 99,8\%$, Anidrol, Diadema,
108 Brasil); etanol 96% grau analítico (Êxodo Científica, Hortolândia, Brasil); hidróxido de
109 potássio 85% grau analítico (Panreac, Barcelona, Espanha); metil terc-butil éter grau
110 HPLC (Acrós Organics, Morris Plains, EUA); filtros de seringa de nylon de 0,22 μm e
111 membranas filtrantes de nylon de 0,45 μm (Filtrilo, Colombo, Brasil) e papel filtro
112 qualitativo de 0,40 μm .

113 A água utilizada para o preparo dos padrões e soluções foi obtida por sistema de
114 purificação e filtração Elga Purelab Option-Q (Veolia Water Solutions & Technologies,
115 High Wycombe, Reino Unido).

116 Foram utilizados os seguintes padrões cromatográficos: cafeína, trigonelina,
117 ácido-5-cafeoilquínico (5-ACQ), e 16-*O*-metilcafestol (16-OMC) (números CAS 58-08-
118 2; 535-83-1; 202650-88-2; 108214-28-4; Sigma Aldrich, Saint Louis, EUA), caveol e
119 cafestol (números CAS 6894-43-5; 469-83-0; Axxora, San Diego, EUA). Coluna
120 Spherisorb ODS-1 (150 x 4,6 mm, 3 µm; Waters, Milford, EUA) foi utilizada na análise
121 dos compostos hidrossolúveis, e coluna Supelcosil LC-18 (150 x 3 mm, 3 µm; Supelco
122 Park, Bellefonte, EUA), na dos diterpenos.

123 As análises cromatográficas foram realizadas em um cromatógrafo líquido de
124 ultra eficiência Waters Acquity (Waters, Milford, EUA), equipado com injetor
125 automático de amostras, sistema de bombeamento quaternário de solvente,
126 termostatizador de coluna e detector de arranjo de diodos, controlados pelo programa
127 Empower 3.

128

129 **2.2 Materiais**

130 Os cafés *C. canephora* foram coletados na safra de 2020 em campo experimental
131 localizado no município de Ouro Preto do Oeste/RO (10°43'55.3"S e 62°15'23.2"O, e 245
132 metros de altitude) na Amazônia Ocidental (Brasil). As amostras foram cedidas para o
133 estudo pela Embrapa Rondônia (Porto Velho, Rondônia, Brasil). As práticas de manejo
134 do solo, nutricional, cultural e fitossanitário foram realizadas de acordo com as
135 recomendações para o cultivo do café em Rondônia (Marcolan et al., 2009). Segundo a
136 classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, tropical úmido, apresentando
137 invernos secos e verões chuvosos, com temperatura anual entre 21,2 e 30,3 °C, com
138 precipitação anual de 1939 mm e umidade relativa média de 81% (Alvares et al., 2013).

139 Para garantir a representatividade de cada acesso, as amostras foram compostas
140 por um *blend* de frutos de 12 plantas (clones) por acesso, colhidos no ponto onde cada
141 planta tinha no mínimo 80% de frutos cereja. Os frutos foram colhidos (estádio cereja) e
142 lavados para a retirada das impurezas (folhas, pedras, paus, terra) e defeitos. Os frutos
143 foram secos naturalmente sob cobertura tipo “estufa” até umidade de 11 a 12%. Após a
144 secagem, os frutos foram descascados, e os grãos foram selecionados (peneira ≥ 15). Os
145 grãos verdes foram armazenados em embalagem de papel até a torra.

146 O processo de torra, em torno de 12 min a 190 ± 10 °C, foi realizado com torrador
147 Pinhalense TC-02 (Pinhalense, São Paulo, Brasil) com capacidade para 2 kg de amostra,
148 e foi monitorado por coloração. Foi utilizado o Sistema de Classificação de Cor de Torra
149 SCAA/Agtron, que compreende um conjunto de oito discos coloridos, numerados em
150 intervalos de 10% variando de “muito clara” (#95) a “muito escura” (#25). O grau de
151 torra foi padronizado entre #65 e #55 Agtron, correspondendo a variação entre os graus
152 de torra média-clara e média que é usual para cafés especiais (Morais et al., 2021). Após
153 a torra, cada amostra foi separada em duas partes de 250 g, sendo acondicionadas em
154 embalagem laminada e armazenadas sob refrigeração a 8 °C até o momento das análises.
155 Uma parte foi empregada para classificação da qualidade de bebida, e outra para a
156 caracterização do perfil de composição.

157 A classificação da qualidade de bebida foi realizada no laboratório do Sindicato
158 da Indústria do Café, em São Paulo/SP (Brasil) por seis provadores (R Grader),
159 empregando o Protocolo de Degustação de Robustas Finos (UCDA, 2010). Avaliou-se os
160 atributos (fragrância/aroma, sabor, retrogosto, salinidade/acidez, amargor/doçura,
161 sensação na boca, equilíbrio, uniformidade e limpeza, e defeitos) em uma escala de 0 a
162 10, e a qualidade final das bebidas foi pontuada pela soma, resultando em uma pontuação
163 global em escala de 0 a 100 pontos. Os cafés tinham nota superior a 70 pontos (Tabelas
164 S.2 e S.3); essa pontuação indica, além do potencial genético, que os procedimentos de
165 colheita e de pós-colheita foram realizados apropriadamente, e que todos os cafés
166 estudados apresentavam boa qualidade de bebida.

167 No total, foram avaliados 67 cafés: 57 clones da variedade Robusta do banco de
168 germoplasma de *C. canephora* da Embrapa Rondônia, e 10 híbridos intervarietais de
169 Conilon e Robusta desenvolvidos pela Embrapa e registrados em 2019, que fazem parte
170 da cultivar Robustas Amazônicos (BRS 1216, BRS 2299, BRS 2314, BRS 2336, BRS
171 2357, BRS 3137, BRS 3193, BRS 3210, BRS 3213 e BRS 3220). Mais informações sobre
172 os cafés híbridos e Robustas estão disponíveis nas Tabelas S.1. e S.2, respectivamente.

173

174 **2.3 Caracterização dos cafés torrados**

175 Os grãos torrados foram moídos até moagem fina com moedor de café G VX2
176 (Krupps, Shangai, China). Em seguida, acondicionados em sacos plásticos e mantido sob
177 refrigeração (8 °C) até o momento das análises. Os cafés moídos foram caracterizados
178 quanto a cor em colorímetro Minolta CR-410 (Konica Minolta Sensing Inc., Osaka,
179 Japão) com iluminante D65 e iluminação difusa, e umidade em analisador de umidade

180 MB 45 (Ohaus, Barueri, Brasil) (análises em triplicata e duplicata, respectivamente). As
181 amostras apresentavam torra média-clara, com luminosidade de 38 ± 2 , tonalidade
182 cromática de 48 ± 4 e valores de 11 ± 1 e 12 ± 2 para coordenadas vermelho-verde e
183 amarelo-azul. A umidade foi determinada a $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 7 min, obteve-se valor médio de
184 $3,9 \pm 0,8\text{ g } 100\text{ g}^{-1}$; os resultados foram utilizados para o cálculo das concentrações em
185 base seca (bs).

186

187 **2.3.1 Análise de compostos hidrossolúveis**

188 O extrato de café foi preparado de acordo com o descrito por Kalschne et al.
189 (2019). A extração foi realizada em duplicata, a amostra (0,5 g) foi dissolvida em 30 mL
190 de água aquecida e mantida a $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ sob agitação por 10 min e filtrada. O extrato de café
191 foi empregado na determinação dos compostos hidrossolúveis.

192 A determinação simultânea de cafeína, trigonelina e ácidos clorogênicos foi
193 realizada de acordo com o descrito por Kalschne et al. (2019). O extrato de café foi diluído
194 com água (10:90 v/v) e filtrado. A fase móvel foi constituída por ácido acético:água (5:95
195 v/v) (A) e acetonitrila (B), com eluição gradiente: 0 a 5 min 5% de B, 6 min 13% de B e
196 25 min 13% de B, com vazão de $0,5\text{ mL min}^{-1}$ e volume de injeção de $10\text{ }\mu\text{L}$. A detecção
197 foi realizada a 260 nm para trigonelina, a 272 nm para cafeína e a 320 nm para ácidos
198 clorogênicos. A análise foi realizada em duplicata. A identificação foi realizada com base
199 nos tempos de retenção e espectro no UV. A quantificação foi feita por padronização
200 externa com curvas analíticas de seis pontos em triplicata, empregando as seguintes
201 faixas: 10 a $60\text{ }\mu\text{g mL}^{-1}$ para cafeína, 1 a $30\text{ }\mu\text{g mL}^{-1}$ para trigonelina, e 1 a $60\text{ }\mu\text{g mL}^{-1}$
202 para 5-ACQ. Os ácidos clorogênicos totais (ACG) foram obtidos pela soma das áreas dos
203 compostos detectados a 320 nm, utilizando o 5-ACQ como padrão para quantificação
204 (Mori et al., 2020). Com base na curva analítica, foram determinados os limites de
205 detecção (LD) de 0,059, 0,047, e $0,017\text{ }\mu\text{g mL}^{-1}$ e limites de quantificação (LQ) de 0,178,
206 0,138, and $0,052\text{ }\mu\text{g mL}^{-1}$ para cafeína, trigonelina, e 5-ACQ, respectivamente.

207 Para melanoidinas, 0,6 mL de extrato de café foi diluído com 3,4 mL de água,
208 para obter uma concentração de $2,5\text{ mg de café mL}^{-1}$. A leitura a 420 nm foi realizada em
209 duplicata. A estimativa do teor de melanoidinas foi feita considerando um valor de
210 absorvidade de $1,1289\text{ L g}^{-1}\text{ cm}^{-1}$ (Mori et al., 2020).

211 Os resultados dos compostos hidrossolúveis foram expressos em g do composto
212 em 100 g de café.

213

214 **2.3.2 Análise de diterpenos**

215 A determinação de caveol, cafestol e 16-OMC foi realizada de acordo com o
216 descrito por Dias et al. (2014). Amostras (0,2 g) foram saponificadas com 2 mL de
217 hidróxido de potássio (2,5 mol L⁻¹) em etanol (96%, v/v) a 80 °C por 1 h, e na sequência
218 foram adicionados 2 mL de água destilada. A extração da fração insaponificável foi
219 realizada adicionando-se 2 mL de metil terc-butil éter, após agitação e centrifugação (2
220 min a 3000 RPM em temperatura ambiente), foi coletada a fase orgânica. Essa etapa foi
221 repetida três vezes, na sequência foi adicionado 2 mL de água destilada para limpeza e a
222 fase aquosa foi descartada. O extrato orgânico foi coletado e evaporado em banho-maria
223 a 70 °C até secura. Após ressuspensão do extrato com 4,5 mL de fase móvel (45:55 de
224 água:acetoneitrila) o extrato foi filtrado. A extração foi feita em duplicata.

225 Para a análise em UPLC, foi utilizada eluição isocrática de água:acetoneitrila
226 (45:55 v/v), vazão de 0,7 mL min⁻¹ e volume de injeção de 3 µL (Francisco et al., 2021).
227 A detecção foi realizada a 230 nm para cafestol e 16-OMC e a 290 nm para caveol. A
228 análise foi realizada em duplicata. A identificação dos compostos foi feita com base nos
229 tempos de retenção e espectro no UV. A quantificação foi realizada por padronização
230 externa com curvas analíticas de calibração de seis pontos em triplicata, empregando as
231 seguintes faixas: 1 a 200 µg mL⁻¹ para caveol, 50 a 300 µg mL⁻¹ para cafestol e 2 a 400
232 µg mL⁻¹ para 16-OMC. Com base na curva analítica, foram determinados os LD de 0,794,
233 1,998, e 0,643 µg mL⁻¹ e LQ de 2,406, 6,055, e 1,948 µg mL⁻¹ para caveol, cafestol, e 16-
234 OMC, respectivamente. Os diterpenos totais foram obtidos pela soma dos teores de
235 caveol, cafestol, e 16-OMC. Os resultados foram expressos como g do composto em 100
236 g de café.

237

238 **2.4 Análise estatística**

239 Além dos compostos hidrossolúveis e diterpenos foram calculadas as relações
240 entre os teores cafestol e caveol e entre os teores de cafeína e diterpenos totais.

241 Para avaliação dos dados empregou-se análise de variância (ANOVA) e teste de
242 agrupamento de médias de Scott-Knott ($p \leq 0.05$) utilizando o programa estatístico Sisvar
243 (Ferreira, 2014). Os resultados de composição (teores de cafeína, trigonelina, 5-ACQ,
244 ACG, melanoidinas, caveol, cafestol, 16-OMC, e diterpenos totais, e as relações
245 cafestol/caveol e cafeína/diterpenos totais) e as notas de qualidade de bebida foram
246 comparados dentro de cada variedade (Robustas e híbridos intervarietais). O teste de
247 Scott-Knott separa as médias dos tratamentos em grupos homogêneos, minimizando a

248 variação dentro dos grupos e maximizando a variação entre grupos, e evitando
249 sobreposição; assim a formação de um maior número de grupos indica uma maior
250 variabilidade dos parâmetros estudados.

251 Para uma análise exploratória mais abrangente, foi realizada a Análise de
252 Componentes Principais (ACP) utilizando o programa estatístico Statistica 7.1 (Statsoft,
253 2006) com o total de amostras, considerando-se como variáveis ativas os parâmetros de
254 composição, e como variáveis suplementares, diterpenos totais e notas para qualidade de
255 bebida. A correlação entre as variáveis foi verificada pela matriz de correlação
256 multivariada.

257

258 **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

259 Houve diferença significativa entre as amostras ($p \leq 0,05$) dentro de cada
260 variedade (Robusta ou híbridos) para todos os compostos estudados. No geral, houve
261 maior variabilidade (observada pela formação de um maior número de grupos), para todos
262 os compostos, entre os Robustas comparativamente ao observado para os híbridos
263 intervarietais (Tabelas 1 e 2), mas deve-se considerar a grande diferença no número de
264 amostras estudadas (57 clones e 10 clones, respectivamente).

265 Entre os compostos estudados existe grande diversidade quanto a estabilidade
266 térmica. Os compostos mais estáveis (caféina e diterpenos) tem seus teores mantidos ou
267 eventualmente aumentados no grão torrado devido à perda de outros compostos orgânicos
268 no processo de torra; outros são facilmente degradados (trigonelina e ACG) ou são
269 formados no processo (melanoidinas) (Dias et al, 2014; Vignoli et al., 2014; Alves et al.,
270 2020; Moeenfarid & Alves, 2020; Munyendo et al., 2021). Observou-se que a
271 variabilidade nos teores dos compostos nos cafés torrados não estava relacionada a
272 estabilidade térmica, uma vez que caféina e diterpenos, mais termoestáveis, tinham CVs
273 de 1,14 a 9,09%, enquanto para ACG, trigonelina e melanoidinas, observou-se CV de
274 2,79 a 5,42% (Tabelas 1 e 2). Esses resultados indicam não somente uma boa
275 padronização do processo de torra, mas também que a variação encontrada poderia ser
276 mais associada a genética dos clones.

277 Considerando todos os cafés analisados, foi encontrada caféina na faixa de 1,63 a
278 3,57 g 100 g⁻¹, com valores médios de 2,38 g 100 g⁻¹ (CV 1,64%) para os Robusta e de
279 2,76 g 100 g⁻¹ (CV 1,14%) para os híbridos. No geral, encontrou-se valores (Tabelas 1 e
280 2) acima ou na parte superior da faixa de caféina descrita na literatura para *C. canephora*.

281 **Tabela 1.** Teores (g 100 g⁻¹) de cafeína, trigonelina, ácidos clorogênicos totais (ACG), melanoidinas, caveol, cafestol e 16-*O*-metilcafestol (16-
282 OMC) em cafés *C. canephora* da variedade Robusta.

Identificação	Cafeína ¹	Trigonelina ¹	ACG ¹	Melanoidinas ¹	Caveol ¹	Cafestol ¹	16-OMC ¹
R1	2,79 ^c ± 0,01	0,97 ^d ± 0,04	4,18 ^h ± 0,19	16,6 ^b ± 0,7	0,000 ⁱ ± 0,000*	0,073 ^h ± 0,001	0,243 ^f ± 0,012
R2	2,34 ⁱ ± 0,01	1,06 ^b ± 0,01	4,67 ^g ± 0,13	14,6 ^c ± 0,9	0,000 ⁱ ± 0,000*	0,146 ^d ± 0,018	0,251 ^f ± 0,022
R3	2,69 ^e ± 0,02	1,06 ^b ± 0,01	4,32 ^h ± 0,02	16,5 ^b ± 0,8	0,029 ^d ± 0,002	0,102 ^f ± 0,009	0,204 ^g ± 0,004
R4	2,35 ⁱ ± 0,00	0,97 ^d ± 0,01	4,95 ^c ± 0,05	15,2 ^c ± 0,8	0,000 ⁱ ± 0,000*	0,112 ^f ± 0,001	0,241 ^f ± 0,009
R5	2,12 ^l ± 0,03	0,99 ^d ± 0,00	4,63 ^g ± 0,13	12,0 ^f ± 0,4	0,030 ^c ± 0,000	0,170 ^b ± 0,013	0,251 ^f ± 0,008
R6	2,15 ^l ± 0,02	0,89 ^f ± 0,01	4,79 ^f ± 0,23	17,5 ^a ± 0,5	0,000 ⁱ ± 0,000*	0,125 ^e ± 0,003	0,240 ^f ± 0,015
R7	2,26 ^j ± 0,06	1,11 ^a ± 0,03	5,27 ^d ± 0,35	17,9 ^a ± 0,5	0,026 ^c ± 0,000	0,085 ^g ± 0,003	0,196 ^h ± 0,001
R8	1,63 ^q ± 0,03	0,93 ^e ± 0,01	3,93 ⁱ ± 0,09	14,7 ^c ± 0,4	0,000 ⁱ ± 0,000*	0,141 ^d ± 0,000	0,272 ^e ± 0,005
R9	2,18 ^k ± 0,01	0,84 ^g ± 0,00	4,75 ^f ± 0,18	17,3 ^a ± 0,4	0,024 ^g ± 0,001	0,325 ^a ± 0,032	0,358 ^a ± 0,000
R10	2,47 ^h ± 0,02	0,92 ^e ± 0,00	4,97 ^c ± 0,07	16,2 ^b ± 1,7	0,000 ⁱ ± 0,000*	0,119 ^f ± 0,005	0,318 ^d ± 0,007
R11	2,32 ⁱ ± 0,03	0,97 ^d ± 0,00	5,02 ^c ± 0,25	12,6 ^e ± 0,4	0,000 ⁱ ± 0,000*	0,124 ^e ± 0,003	0,193 ^h ± 0,011
R12	2,11 ^l ± 0,04	0,98 ^d ± 0,02	4,29 ^h ± 0,06	11,3 ^f ± 0,6	0,000 ⁱ ± 0,000*	0,120 ^f ± 0,003	0,251 ^f ± 0,005
R13	2,03 ^m ± 0,04	0,94 ^e ± 0,01	4,27 ^h ± 0,17	16,5 ^b ± 0,5	0,000 ⁱ ± 0,000*	0,138 ^d ± 0,012	0,138 ^k ± 0,007
R14	2,37 ⁱ ± 0,00	1,05 ^b ± 0,01	5,82 ^b ± 0,29	17,6 ^a ± 0,2	0,044 ^a ± 0,002	0,153 ^c ± 0,001	0,155 ^j ± 0,006
R15	2,19 ^k ± 0,01	0,97 ^d ± 0,01	4,61 ^g ± 0,12	12,3 ^c ± 0,7	0,000 ⁱ ± 0,000*	0,096 ^g ± 0,001	0,160 ^j ± 0,011
R16	2,02 ^m ± 0,03	0,85 ^g ± 0,03	3,94 ⁱ ± 0,03	14,8 ^c ± 1,2	0,000 ⁱ ± 0,000*	0,129 ^e ± 0,001	0,185 ^h ± 0,000

R17	2,53 ^g ± 0,01	0,96 ^d ± 0,00	4,54 ^g ± 0,02	16,4 ^b ± 0,4	0,000 ⁱ ± 0,000*	0,093 ^g ± 0,007	0,245 ^f ± 0,018
R18	2,65 ^f ± 0,02	0,96 ^d ± 0,03	5,00 ^e ± 0,21	15,6 ^c ± 1,4	0,000 ⁱ ± 0,000*	0,086 ^g ± 0,006	0,251 ^f ± 0,018
R19	1,98 ^m ± 0,10	1,02 ^c ± 0,02	4,67 ^g ± 0,06	11,4 ^f ± 0,1	0,000 ⁱ ± 0,000*	0,149 ^d ± 0,013	0,172 ⁱ ± 0,012
R20	2,74 ^d ± 0,02	0,96 ^d ± 0,01	5,01 ^e ± 0,17	16,8 ^b ± 0,9	0,000 ⁱ ± 0,000*	0,068 ^h ± 0,005	0,173 ⁱ ± 0,014
R21	2,61 ^f ± 0,01	0,92 ^e ± 0,01	4,83 ^f ± 0,08	15,0 ^c ± 1,3	0,000 ⁱ ± 0,000*	0,116 ^f ± 0,010	0,275 ^e ± 0,025
R22	1,72 ^p ± 0,01	0,89 ^f ± 0,02	4,89 ^e ± 0,08	13,6 ^d ± 0,6	0,000 ⁱ ± 0,000*	0,102 ^f ± 0,002	0,201 ^h ± 0,005
R23	2,68 ^e ± 0,04	0,98 ^d ± 0,02	4,59 ^g ± 0,08	15,4 ^c ± 0,3	0,000 ⁱ ± 0,000*	0,087 ^g ± 0,003	0,239 ^f ± 0,016
R24	2,34 ⁱ ± 0,04	0,78 ^h ± 0,03	4,56 ^g ± 0,03	15,0 ^c ± 0,6	0,000 ⁱ ± 0,000*	0,132 ^e ± 0,003	0,360 ^a ± 0,002
R25	2,48 ^h ± 0,00	0,93 ^e ± 0,01	4,72 ^f ± 0,14	13,5 ^d ± 0,8	0,000 ⁱ ± 0,000*	0,158 ^e ± 0,011	0,241 ^f ± 0,017
R26	2,30 ^j ± 0,02	1,02 ^c ± 0,00	5,13 ^d ± 0,07	14,4 ^c ± 0,4	0,000 ⁱ ± 0,000*	0,116 ^f ± 0,006	0,108 ^l ± 0,011
R27	2,71 ^e ± 0,02	1,00 ^d ± 0,03	5,30 ^d ± 0,21	12,7 ^e ± 0,7	0,000 ⁱ ± 0,000*	0,069 ^h ± 0,006	0,167 ⁱ ± 0,007
R28	2,21 ^k ± 0,01	1,01 ^c ± 0,01	4,36 ^h ± 0,15	14,7 ^c ± 0,4	0,000 ⁱ ± 0,000*	0,109 ^f ± 0,002	0,129 ^k ± 0,008
R29	2,18 ^k ± 0,04	0,86 ^g ± 0,01	4,95 ^e ± 0,18	13,6 ^d ± 0,4	0,000 ⁱ ± 0,000*	0,131 ^e ± 0,012	0,173 ⁱ ± 0,019
R30	2,65 ^f ± 0,05	0,93 ^e ± 0,02	4,64 ^g ± 0,01	14,5 ^c ± 0,6	0,000 ⁱ ± 0,000*	0,081 ^h ± 0,001	0,239 ^f ± 0,010
R31	2,65 ^f ± 0,04	0,94 ^e ± 0,02	4,84 ^f ± 0,19	12,9 ^e ± 0,6	0,000 ⁱ ± 0,000*	0,142 ^d ± 0,016	0,372 ^a ± 0,023
R32	1,80 ^o ± 0,02	0,84 ^g ± 0,00	4,65 ^g ± 0,04	15,6 ^c ± 0,8	0,000 ⁱ ± 0,000*	0,101 ^f ± 0,006	0,118 ^l ± 0,004
R33	2,84 ^c ± 0,08	1,05 ^b ± 0,16	5,38 ^c ± 0,05	10,7 ^g ± 0,7	0,040 ^b ± 0,002	0,112 ^f ± 0,005	0,278 ^e ± 0,005
R34	1,97 ⁿ ± 0,01	1,02 ^c ± 0,04	4,05 ⁱ ± 0,01	11,7 ^f ± 0,8	0,000 ⁱ ± 0,000*	0,160 ^e ± 0,003	0,309 ^d ± 0,014

R35	2,84 ^c ± 0,07	0,96 ^d ± 0,03	5,76 ^b ± 0,05	12,4 ^e ± 0,7	0,000 ⁱ ± 0,000*	0,111 ^f ± 0,000	0,173 ⁱ ± 0,009
R36	2,64 ^f ± 0,02	0,94 ^c ± 0,01	5,01 ^c ± 0,16	14,0 ^d ± 1,2	0,000 ⁱ ± 0,000*	0,119 ^f ± 0,001	0,252 ^f ± 0,010
R37	2,58 ^g ± 0,01	0,74 ^h ± 0,01	6,28 ^a ± 0,08	11,8 ^f ± 0,7	0,000 ⁱ ± 0,000*	0,080 ^h ± 0,008	0,254 ^f ± 0,000
R38	1,94 ⁿ ± 0,02	0,78 ^h ± 0,02	4,25 ^h ± 0,16	14,4 ^c ± 0,3	0,000 ⁱ ± 0,000*	0,144 ^d ± 0,009	0,212 ^g ± 0,025
R39	2,67 ^e ± 0,14	0,85 ^g ± 0,04	4,38 ^h ± 0,05	14,6 ^c ± 0,3	0,000 ⁱ ± 0,000*	0,090 ^g ± 0,006	0,287 ^e ± 0,010
R40	2,69 ^e ± 0,06	0,89 ^f ± 0,05	4,74 ^f ± 0,13	15,1 ^c ± 2,0	0,005 ⁱ ± 0,000*	0,074 ^h ± 0,005	0,220 ^g ± 0,021
R41	2,32 ⁱ ± 0,06	0,99 ^d ± 0,02	4,47 ^g ± 0,11	13,0 ^e ± 0,5	0,000 ⁱ ± 0,000*	0,126 ^e ± 0,004	0,209 ^g ± 0,026
R42	2,26 ^j ± 0,04	1,01 ^c ± 0,04	4,43 ^h ± 0,03	13,8 ^d ± 0,4	0,000 ⁱ ± 0,000*	0,096 ^g ± 0,003	0,162 ^j ± 0,018
R43	2,44 ^h ± 0,04	0,86 ^g ± 0,03	4,73 ^f ± 0,23	16,4 ^b ± 0,3	0,000 ⁱ ± 0,000*	0,166 ^d ± 0,015	0,245 ^f ± 0,026
R44	3,33 ^a ± 0,02	1,00 ^d ± 0,02	5,58 ^c ± 0,20	13,3 ^d ± 0,5	0,000 ⁱ ± 0,000*	0,168 ^b ± 0,019	0,134 ^k ± 0,001
R45	1,68 ^p ± 0,02	0,99 ^d ± 0,02	4,65 ^g ± 0,06	12,8 ^e ± 1,1	0,029 ^d ± 0,001	0,175 ^b ± 0,014	0,145 ^k ± 0,006
R46	3,05 ^b ± 0,08	1,03 ^c ± 0,05	5,64 ^b ± 0,29	12,6 ^e ± 0,3	0,000 ⁱ ± 0,000*	0,092 ^g ± 0,003	0,237 ^f ± 0,011
R47	2,73 ^d ± 0,06	1,15 ^a ± 0,02	4,91 ^c ± 0,42	13,7 ^d ± 0,4	0,000 ⁱ ± 0,000*	0,103 ^f ± 0,000	0,245 ^f ± 0,005
R48	2,33 ⁱ ± 0,03	0,86 ^g ± 0,01	4,66 ^g ± 0,04	10,0 ^g ± 0,2	0,000 ⁱ ± 0,000*	0,143 ^e ± 0,010	0,235 ^f ± 0,027
R49	2,20 ^k ± 0,02	1,03 ^c ± 0,02	4,84 ^f ± 0,28	14,8 ^c ± 0,3	0,000 ⁱ ± 0,000*	0,134 ^e ± 0,000	0,287 ^e ± 0,002
R50	2,40 ⁱ ± 0,00	0,84 ^g ± 0,00	4,24 ^h ± 0,20	15,8 ^c ± 1,0	0,000 ⁱ ± 0,000*	0,179 ^b ± 0,020	0,343 ^b ± 0,013
R51	2,44 ^h ± 0,09	0,80 ^h ± 0,05	4,37 ^h ± 0,15	13,0 ^e ± 0,2	0,000 ⁱ ± 0,000*	0,140 ^d ± 0,011	0,213 ^g ± 0,013
R52	1,92 ⁿ ± 0,07	0,79 ^h ± 0,05	4,04 ⁱ ± 0,21	15,5 ^c ± 0,5	0,000 ⁱ ± 0,000*	0,099 ^f ± 0,007	0,272 ^e ± 0,012

R53	2,61 ^f ± 0,08	1,01 ^c ± 0,04	4,85 ^f ± 0,36	13,9 ^d ± 0,7	0,000 ⁱ ± 0,000*	0,108 ^f ± 0,008	0,336 ^c ± 0,031
R54	2,34 ⁱ ± 0,02	0,88 ^f ± 0,01	5,57 ^c ± 0,12	12,6 ^e ± 0,3	0,022 ^h ± 0,001	0,134 ^e ± 0,007	0,212 ^g ± 0,017
R55	2,60 ^f ± 0,04	0,84 ^g ± 0,00	5,43 ^c ± 0,17	10,8 ^g ± 0,4	0,000 ⁱ ± 0,000*	0,108 ^f ± 0,007	0,149 ^j ± 0,013
R56	2,35 ⁱ ± 0,05	0,78 ^h ± 0,03	5,00 ^e ± 0,24	13,9 ^d ± 0,9	0,025 ^f ± 0,001	0,139 ^d ± 0,005	0,143 ^k ± 0,000
R57	2,46 ^h ± 0,00	0,79 ^h ± 0,00	4,20 ^h ± 0,09	11,4 ^f ± 0,5	0,023 ^h ± 0,001	0,335 ^a ± 0,023	0,208 ^g ± 0,022
Valor médio²	2,38	0,94	4,78	14,2	0,005	0,127	0,226
CV%	1,64	3,38	3,45	5,19	9,09	8,55	5,62

283 ¹Médias de duplicatas de extração e analítica (n = 4) expressas em g 100 g⁻¹ ± desvio padrão; médias seguidas de letras distintas na mesma coluna indicam diferença
 284 significativa entre clones (Scott-Knott, p ≤ 0,05).

285 ²Valor médio (57 amostras) e coeficiente de variação (CV%) entre amostras.

286 *Abaixo do limite de detecção (0,794 µg mL⁻¹).

287

288

289

290

291

292

293

294

295

296

297

298

299

300

301

302

303

304

305

306

307

308 **Tabela 2.** Teores (g 100 g⁻¹) de cafeína, trigonelina, ácidos clorogênicos totais (ACG), melanoidinas, caveol, cafestol e 16-*O*-metilcafestol (16-
309 OMC) em cafés *C. canephora* híbridos intervarietais.

Clones	Cafeína ¹	Trigonelina ¹	ACG ¹	Melanoidinas ¹	Caveol ¹	Cafestol ¹	16-OMC ¹
BRS 1216	2,86 ^c ± 0,02	0,65 ^d ± 0,01	5,19 ^c ± 0,18	11,7 ^d ± 0,6	0,000 ^c ± 0,000*	0,262 ^b ± 0,018	0,149 ^d ± 0,011
BRS 2299	2,29 ^e ± 0,05	0,74 ^c ± 0,01	4,58 ^d ± 0,09	12,8 ^c ± 0,8	0,000 ^c ± 0,000*	0,123 ^c ± 0,012	0,110 ^e ± 0,001
BRS 2314	3,09 ^b ± 0,05	0,71 ^c ± 0,00	6,37 ^a ± 0,17	11,9 ^d ± 0,4	0,000 ^c ± 0,000*	0,427 ^a ± 0,011	0,249 ^b ± 0,021
BRS 2336	3,57 ^a ± 0,01	0,81 ^b ± 0,02	5,32 ^b ± 0,22	12,7 ^c ± 0,3	0,000 ^c ± 0,000*	0,222 ^c ± 0,016	0,286 ^a ± 0,015
BRS 2357	2,52 ^c ± 0,00	0,60 ^c ± 0,01	4,26 ^c ± 0,11	16,3 ^a ± 1,4	0,000 ^c ± 0,000*	0,256 ^b ± 0,006	0,120 ^e ± 0,002
BRS 3137	2,46 ^f ± 0,05	0,82 ^b ± 0,04	5,16 ^c ± 0,07	11,3 ^c ± 0,2	0,031 ^a ± 0,001	0,180 ^d ± 0,004	0,279 ^a ± 0,001
BRS 3193	2,72 ^d ± 0,05	0,85 ^a ± 0,00	5,48 ^b ± 0,24	10,2 ^f ± 0,8	0,000 ^c ± 0,000*	0,184 ^d ± 0,018	0,188 ^c ± 0,002
BRS 3210	2,88 ^c ± 0,04	0,84 ^a ± 0,00	5,37 ^b ± 0,17	11,7 ^d ± 0,7	0,000 ^c ± 0,000*	0,177 ^d ± 0,011	0,157 ^d ± 0,003
BRS 3213	2,68 ^d ± 0,04	0,72 ^c ± 0,00	5,14 ^c ± 0,22	14,0 ^b ± 0,5	0,000 ^c ± 0,000*	0,225 ^c ± 0,020	0,105 ^e ± 0,011
BRS 3220	2,55 ^e ± 0,01	0,85 ^a ± 0,02	5,55 ^b ± 0,04	14,5 ^b ± 0,4	0,023 ^b ± 0,001	0,137 ^e ± 0,014	0,082 ^f ± 0,007
Valor médio²	2,76	0,76	5,24	12,7	0,005	0,219	0,173
CV%	1,14	3,03	2,79	5,42	9,14	5,36	5,01

310 ¹Médias de duplicatas de extração e analítica (n = 4) expressas em g 100 g⁻¹ ± desvio padrão; médias seguidas de letras distintas na mesma coluna indicam diferença
311 significativa entre clones (Scott-Knott, p ≤ 0,05).

312 ²Valor médio (10 clones) e coeficiente de variação (CV%) entre amostras.

313 *Abaixo do limite de detecção (0,794 µg mL⁻¹).

314

315

316

317

318 Teores de cafeína entre 1,69 a 2,25 g 100 g⁻¹, foram citados para cafés *C.*
319 *canephora* brasileiros sem identificação de variedade e com diferente proporção de
320 defeitos (De Souza & Benassi, 2012; Dias & Benassi, 2015; Kalschne et al., 2019; Reis
321 et al., 2019). Portela et al. (2021) observaram teor de cafeína de 1,93 g 100 g⁻¹ em café
322 Robusta com boa qualidade de bebida e procedente do estado de Rondônia. Analisando
323 cafés Robusta com diferentes graus de torra, teores de cafeína de 2,10 a 2,63 foram
324 reportados por Klikarová et al. (2022), e de 1,81 a 2,55 g 100 g⁻¹ por Hečimović et al.
325 (2011) para as variedades Vietnam e Cherry.

326 Considerando a estabilidade da cafeína ao processo de torra, dados de *C.*
327 *canephora* verde também podem ser utilizados na comparação. Alonso-Salces et al.
328 (2009) relataram para *C. canephora* procedentes de diversos países, e sem especificação
329 da variedade, teor médio de cafeína de 2,66 g 100 g⁻¹. Para Conilon brasileiro, Pinheiro
330 et al. (2019) reportaram teor médio de 2,45 g 100 g⁻¹; para variedade Robusta, Klikarová
331 et al. (2022) reportaram teor médio de 2,25 g 100 g⁻¹.

332 Para trigonelina, observou-se teores de 0,60 a 1,15 g 100 g⁻¹, com valor médio de
333 0,94 g 100 g⁻¹ (CV 3,38%) para os Robusta e de 0,76 g 100 g⁻¹ (CV 3,03%) para os
334 híbridos. Esses teores (Tabelas 1 e 2) são no geral superiores a faixa reportada na literatura
335 para *C. canephora*, podendo essa diferença também estar relacionada ao grau de torra
336 média-clara dos grãos, com menor degradação do composto.

337 Para *C. canephora* sem especificação de variedade, com diferentes graus de torra
338 e proporção de defeitos, os teores de trigonelina na literatura variam numa ampla faixa:
339 de 0,07 a 0,68 g 100 g⁻¹ (De Souza & Benassi, 2012; Dias & Benassi, 2015; Kalschne et
340 al., 2019). Mori et al. (2020) observaram para bebidas de Conilon procedentes do estado
341 do Espírito Santo, teores de trigonelina de 206 a 413 µg mL⁻¹, que correspondem a em
342 torno de 0,14 a 0,58 g 100 g⁻¹ de café torrado.

343 Observou-se teores de ACG na faixa de 3,93 a 6,37 g 100 g⁻¹, sendo o valor médio
344 para os Robusta de 4,78 g 100 g⁻¹ (CV 3,45%) e, para os híbridos de 5,24 g 100 g⁻¹ (CV
345 2,79%). No geral, os teores de ACG (Tabelas 1 e 2) estão também acima ou na parte
346 superior da faixa na literatura para *C. canephora*, e de forma similar à trigonelina, o grau
347 de torra média-clara poderia em parte justificar esse comportamento. Existe pouca
348 informação referente ao teor de ACG total em *C. canephora*. Para cafés de torra média e
349 com presença de defeitos, foram reportados valores de 2 a 2,32 g de ACG 100 g⁻¹
350 (Kalschne et al., 2019; Reis et al., 2019). Portela et al. (2021) relataram teor de 5,75 g de

351 ACG 100 g⁻¹ em café Robusta com boa qualidade de bebida e procedente do estado de
352 Rondônia.

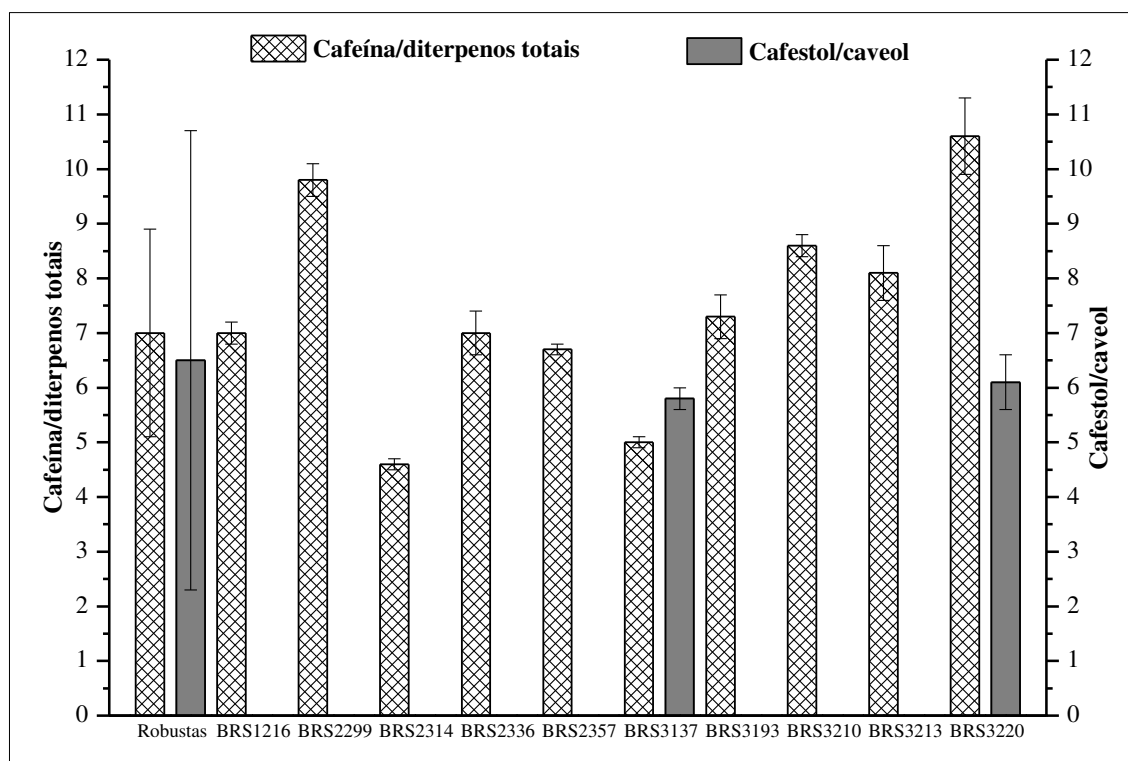
353 Alguns artigos reportam o teor de 5-ACQ, principal isômero da classe dos ACG.
354 Nesse estudo, observou-se variação de 1,25 a 2,43 g de 5-ACQ 100 g⁻¹ (Tabelas S.2 e
355 S.3), valores na faixa superior do relatado para *C. canephora* com diferentes graus de
356 torra (0,21 a 2 g 100 g⁻¹) (De Souza & Benassi, 2012; Dias & Benassi, 2015; Klikarová
357 et al., 2022). Os teores de 5-ACQ corresponderam, em média a 33 e 36% do total dos
358 ACG, para cafés Robusta e híbridos, respectivamente. Esse valor é similar ao reportado
359 por Perrone et al. (2012), em *C. canephora* com diferentes graus de torra (31 a 39%), e
360 por Mori et al. (2020), para Conilon (31 a 40%).

361 As melanoidinas variaram na faixa de 10 a 17,9 g 100 g⁻¹ sendo estimado valor
362 médio de 14,2 g 100 g⁻¹ (CV 5,19%) para os Robusta e 12,7 g 100 g⁻¹ (CV 5,42%) para
363 os híbridos (Tabelas 1 e 2). Valores de 7,7 a 25 g de melanoidinas 100 g⁻¹ são descritos
364 para café torrado, com teores aumentando com aumento da torra (Rufián-Henares &
365 Pastoriza, 2015; Alves et al., 2020). Portela et al. (2021) relataram teor de 12,1 g de
366 melanoidinas 100 g⁻¹ em Robusta brasileiro procedente do estado de Rondônia, que
367 também apresentava torra pouco intensa (L* 36,9).

368 Os teores de diterpenos totais variaram numa ampla faixa (0,218 a 0,707 g 100 g⁻¹)
369 ¹), observando-se valor médio de 0,358 g 100 g⁻¹ (CV 4,62%) para os Robusta e de 0,397
370 g 100 g⁻¹ (CV 3,85%) para os híbridos. No geral, os teores de diterpenos totais (Tabelas
371 S.2 e S.3) estão próximos aos reportados na literatura para cafés Robusta procedentes da
372 Ásia e África por Finotello et al. (2017) (0,318 a 0,461 g 100 g⁻¹) e um pouco superiores
373 ao descrito por Mori et al. (2016) para Conilon (0,191 a 0,415 g 100 g⁻¹). Num trabalho
374 anterior de nosso grupo de pesquisa com cafés híbridos intervarietais naturais de Conilon
375 e Robusta produzidos em seis locais de cultivo na mesma região desse estudo (Rondônia),
376 Francisco et al. (2021) reportaram teores de diterpenos totais (0,192 a 0,742 g 100 g⁻¹)
377 similares aos observados neste estudo para os híbridos obtidos por melhoramento (Tabela
378 S.3).

379 A relação entre os teores cafeína e diterpenos totais foi reportada como um
380 possível indicador da espécie de café por Zanin et al. (2020), num estudo com cafés *C.*
381 *arabica*. Observou-se diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as amostras dentro de cada
382 variedade (Robusta ou híbridos) e relação cafeína/diterpenos totais na faixa de 3,1 a 11,5,
383 com valores médios de 7,0 e 7,5 para os Robusta e híbridos, respectivamente (Tabelas
384 S.2 e S.3). A similaridade de comportamento entre Robusta e híbridos (Figura 1),

385 confirmam a aplicabilidade desta relação e a proposta de Zanin et al. (2020), que
 386 preconizaram relação cafeína/diterpenos acima de 2,50 como um indicativo da espécie *C.*
 387 *canephora*.
 388



389 **Figura 1.** Relações entre os teores de cafeína e diterpenos totais e entre os teores de
 390 cafestol e caveol para cafés *C. canephora*. Barras indicam desvio-padrão da média da
 391 variedade Robusta (n = 57 amostras), e dos híbridos intervarietais (n = 4, duplicatas de
 392 extração e analítica).
 393
 394

395 Os teores de caveol variaram numa ampla faixa, desde ausência (abaixo do LD)
 396 até 0,044 g 100 g⁻¹, e foram detectados em 19,3% dos Robusta e em 20% dos híbridos,
 397 com valor médio similar nas duas variedades (0,005 g 100 g⁻¹) (Tabelas 1 e 2). Estão
 398 descritos na literatura desde ausência (Campanha et al., 2010; De Souza & Benassi, 2012;
 399 Dias et al., 2014) até teor de 0,016 g 100 g⁻¹ para *C. canephora* brasileiro sem
 400 identificação de variedade (Kalschne et al., 2019). Finotello et al. (2017) reportaram
 401 presença de caveol em 28% dos 39 cafés Robusta comerciais procedentes de diversos
 402 países da Ásia e África estudados, com teores de até 0,020 g 100 g⁻¹. Mori et al. (2016)
 403 encontraram caveol em 30% das amostras (15 genótipos de Conilon produzidos em dois
 404 ambientes de cultivo), com teores de até 0,014 g 100 g⁻¹. Num comportamento bastante
 405 diferenciado, Francisco et al. (2021) observaram presença de caveol em 77% das amostras
 406 (30 cafés híbridos intervarietais naturais) e teor máximo de 0,041 g 100 g⁻¹. Apesar de

407 ambos serem originados de Conilon e Robusta, os cafés de hibridação natural descritos
408 por Francisco et al. (2021) parecem tender a uma maior frequência de presença de caveol
409 comparativamente aos híbridos obtidos por melhoramento estudados nesse trabalho e as
410 variedades originais (Conilon e Robusta). No entanto, mais estudos são necessários para
411 confirmar essa observação uma vez que os híbridos obtidos por melhoramento foram
412 avaliados em apenas um ambiente de cultivo.

413 O grande número de amostras desse estudo (67 genótipos) permite confirmar a
414 alta diversidade reportada na literatura quanto a presença e ao teor de caveol em cafés da
415 espécie *C. canephora*.

416 Os valores de cafestol variaram de 0,068 a 0,427 g 100 g⁻¹, com teor médio de
417 0,127 g 100 g⁻¹ (CV 8,55%) para os Robusta e 0,219 g 100 g⁻¹ (CV 5,36%) para os
418 híbridos. Os teores de cafestol, (Tabelas 1 e 2) estão dentro da faixa descrita para *C.*
419 *canephora* sem identificação de variedade (0,163 a 0,491 g 100 g⁻¹) (Campanha et al.,
420 2010; Sridevi et al., 2011; De Souza & Benassi, 2012; Dias et al., 2014; Kalschne et al.,
421 2019), para as variedades Robusta (de 0,129 a 0,272 g 100 g⁻¹) (Finotello et al., 2017),
422 Conilon (de 0,152 a 0,360 g 100 g⁻¹) (Mori et al., 2016) e para híbridos intervarietais
423 naturais (de 0,096 a 0,457 g 100 g⁻¹) (Francisco et al., 2021).

424 Para cafés *C. arabica*, já foi descrito que a relação entre os teores de cafestol e
425 caveol poderia estar relacionada a qualidade de bebida: valores mais altos de
426 cafestol/caveol indicariam melhor qualidade (Novaes et al., 2015; Barbosa, et al., 2019).
427 Observou-se relação cafestol/caveol na faixa 2,8 a 14,7, com valor médio de 6,5 para os
428 Robusta e 5,9 para os híbridos. Considerando a ausência de caveol em 80% dos cafés, o
429 cálculo da relação só pode ser feito para poucas amostras, mas houve diferença
430 significativa ($p \leq 0,05$) dentro da variedade Robusta (Tabelas S.2 e S.3). Interessante
431 observar que os cafés Robusta também tinham maior variabilidade na qualidade de bebida
432 medida sensorialmente (Tabelas S.2 e S.3). No geral a relação cafestol/caveol foi similar
433 entre os cafés Robusta e híbridos (Fig. 1), o que seria esperado por estarem sendo
434 estudados apenas cafés com boa qualidade de bebida, mas verifica-se que a limitação da
435 possibilidade de cálculo dificulta o emprego desse parâmetro para estudo com cafés *C.*
436 *canephora*.

437 Os teores de 16-OMC variaram de 0,082 a 0,372 g 100 g⁻¹, sendo o valor médio
438 de 0,226 g 100 g⁻¹ (CV 5,62%) para os Robusta e 0,173 g 100 g⁻¹ (CV 5,01%) para os
439 híbridos (Tabelas 1 e 2). No geral, valores mais baixos têm sido reportados na literatura
440 para Conilon (de 0,026 a 0,132 g 100 g⁻¹) (Mori et al., 2016), Robusta (de 0,120 a 0,223

441 g 100 g⁻¹) (Finotello et al., 2017) e *C. canephora* sem identificação da variedade (de 0,144
442 a 0,184 g 100 g⁻¹) (Schievano et al., 2014; Kalschne et al., 2019). Somente Francisco et
443 al. (2021) reportaram, para híbridos intervarietais naturais, valores similares aos
444 observados no presente estudo com teores de 16-OMC (0,075 a 0,433 g 100 g⁻¹),
445 indicando que cafés híbridos de Conilon e Robusta parecem tender a apresentar altos
446 teores de 16-OMC.

447 Observou-se que 30% dos híbridos e 53% dos Robusta apresentou teores de 16-
448 OMC (Tabelas 1 e 2) acima do maior valor anteriormente descrito na literatura para *C.*
449 *canephora* sem identificação de variedade, Conilon ou Robusta (0,223 g 100 g⁻¹),
450 indicando que o teor do composto em *C. canephora* poderia estar sendo subestimando.

451 Considerando ainda a ampla faixa de valores encontrada e a alta variabilidade
452 dentro de cada variedade, e como já mencionado por Schievano et al. (2014) e Mori et al.
453 (2016) estudando cafés Robusta e Conilon, confirma-se que o uso do 16-OMC como um
454 parâmetro único para estimar o percentual de *C. canephora* presente em misturas com *C.*
455 *arabica*, não é adequado. Pelos resultados desse estudo, o parâmetro cafeína/diterpenos
456 totais é uma ferramenta auxiliar importante na identificação de *C. canephora*.

457 Sumarizando, os cafés *C. canephora* de boa qualidade de bebida, da variedade
458 Robusta ou híbridos intervarietais, produzidos na Amazônia Ocidental, se destacaram
459 pelo alto teor de cafeína, trigonelina, ACG e 16-OMC comparativamente ao descrito na
460 literatura para a espécie.

461 De maneira geral é esperado que a variedade botânica Conilon apresente
462 predomínio de bebidas neutras e menos encorpadas, enquanto a Robusta se diferencia
463 pelos nuances (como frutado, chocolate e amêndoas) (Teixeira et al., 2020); essa
464 diferença de características de bebidas (associadas a diferenças na composição) também
465 pode se expressar nas plantas híbridas que podem apresentar características de ambas as
466 variedades Conilon e Robusta.

467 A ACP permitiu uma avaliação global dos clones dos Robusta e dos híbridos,
468 considerando todo o perfil de composição química (Figura 2). As duas primeiras
469 componentes principais (CP 1 e CP 2) explicaram 51% da variância dos dados.

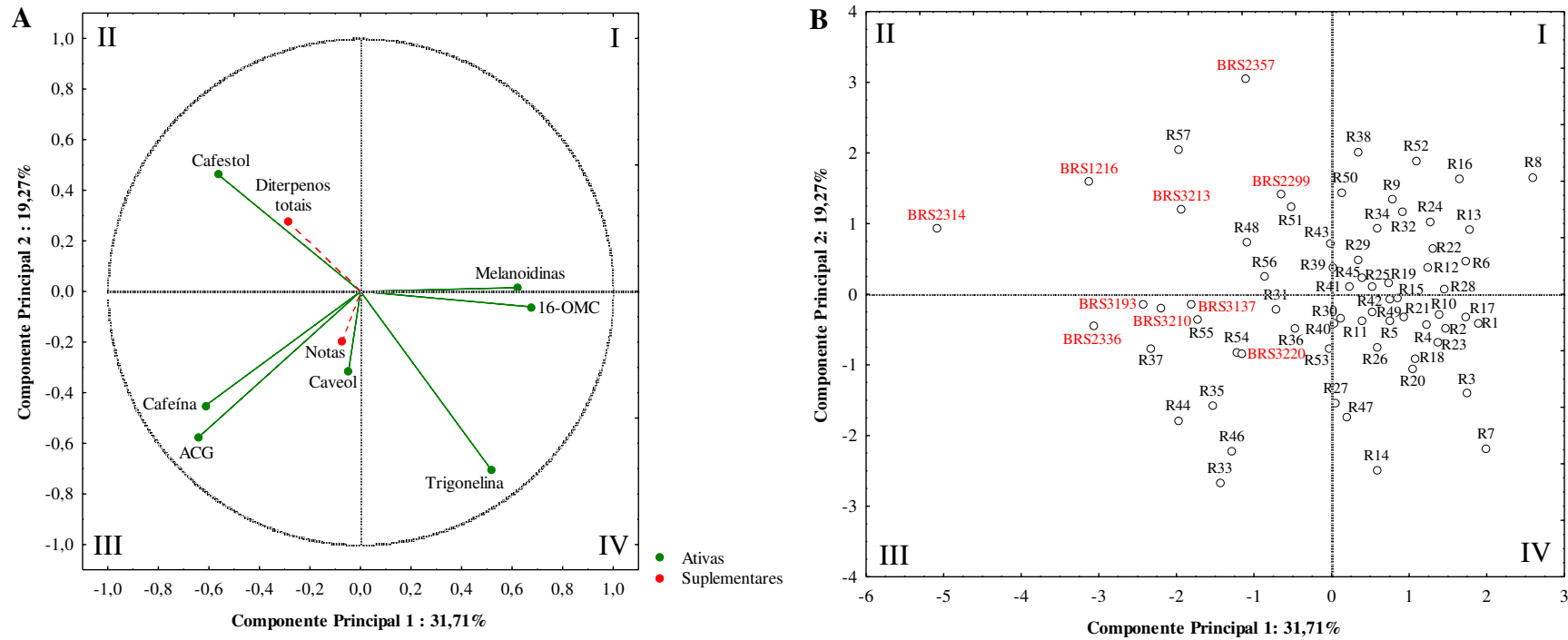
470

471

472

473

474



475

476 **Figura 2.** Análise de Componentes Principais (ACP) considerando a composição e a qualidade de bebida de cafés *C. canephora*: A) projeção das
 477 variáveis: cafeína, trigonelina, ácidos clorogênicos totais (ACG), melanoidinas, caveol, cafestol, 16-*O*-metilcafestol (16-OMC), diterpenos totais e notas sensoriais. B) Gráfico de amostras. Identificação para Robustas - R1 a R57 (Tabela A.2). Identificação para híbridos intervarietais - BRS
 478 e notas sensoriais. B) Gráfico de amostras. Identificação para Robustas - R1 a R57 (Tabela A.2). Identificação para híbridos intervarietais - BRS
 479 (Tabela A.3).

480

481

482

483

484

485

486 A CP 1 foi positivamente correlacionada aos parâmetros trigonelina, melanoidinas
487 e 16-OMC, e negativamente a cafeína, ACG e cafestol. A CP 2 foi positivamente
488 correlacionada ao parâmetro cafestol, e negativamente a trigonelina, ACG e cafeol (Fig.
489 2A). Das variáveis ativas estudadas, observou-se correlação positiva entre cafeína e ACG
490 ($r=0,547$); entre melanoidinas e 16-OMC ($r=0,438$) e correlação negativa entre cafestol e
491 trigonelina ($r=-0,506$) (Tabela S.4). Das variáveis suplementares estudadas, observou-se
492 correlação positiva entre diterpenos totais e cafestol ($r=0,712$), e a nota não foi
493 significativamente correlacionada aos parâmetros de composição, provavelmente pelo
494 fato do estudo ser feito com um conjunto de cafés com boa qualidade de bebida (> 70
495 pontos) (Tabela S.4).

496 No geral os cafés Robusta e os híbridos foram discriminados principalmente pela
497 CP 1, sendo a maioria dos Robusta alocados nos quadrantes (I e IV) a direita do gráfico
498 de amostras e os híbridos alocados nos quadrantes (II e III) a esquerda do gráfico de
499 amostras (Fig. 2B). Os Robusta foram caracterizados pelos altos teores de trigonelina,
500 melanoidinas, e 16-OMC, e os híbridos, principalmente pelos altos teores de cafeína,
501 ACG, cafestol e diterpenos totais (Fig. 2A). De acordo com Souza et al. (2018) a
502 variedade botânica Robusta apresenta bebidas com maior incidência dos nuances frutado,
503 exótico, fino e suave enquanto a variedade Conilon apresenta maior incidência de bebidas
504 com sabor neutro, e com menor número de atributos que a destaquem. Lemos et al. (2020)
505 relacionando a composição de grãos verdes de *C. canephora* e as notas sensoriais obtidas
506 pelo PDRF, observaram que o genótipo de Conilon com melhor qualidade de bebida
507 apresentava os maiores teores de trigonelina e cafeína e altos teores de ACG.

508 O clone BRS 2314 destacou-se no gráfico de amostras (Fig. 2B), por estar alocado
509 como o mais distante do grupo dos Robusta e separado dos demais híbridos (quadrante
510 II). O BRS 2314 caracterizou-se pelos maiores teores de ACG, cafestol e diterpenos totais
511 (Tabelas 2 e S.3, Fig. 2), que podem estar associados a genealogia exclusiva deste híbrido
512 (Emcapa 03 x IAC 640) (Tabela S.1). Barbosa et al. (2019), estudando cafés *C. arabica*
513 com boa qualidade de bebida e procedentes de concurso de qualidade, correlacionaram
514 pontuações mais elevadas com altos teores de cafestol. Morais et al. (2021) avaliaram a
515 qualidade de bebida de *C. canephora* de 20 genótipos cultivados em diferentes ambientes
516 na Amazônia e observaram que o BRS 2314 se diferenciou sensorialmente dos demais
517 híbridos, apresentando maior pontuação e bebida caracterizada pelo sabor adocicado,
518 aroma de chocolate com nuances cítricas e amêndoas, além de acidez agradável.

519 No mesmo estudo, Morais et al. (2021) também destacaram o potencial dos clones
520 BRS 1216 e BRS 3220, que foram os de melhor desempenho na sequência do BRS 2314.
521 Os clones BRS 2336, BRS 3193 e BRS 3213 apresentam desempenho intermediários com
522 bebidas consideradas encorpadas mas com maior variação entre os ambientes de cultivo,
523 enquanto os clones BRS 2299, BRS 2357, BRS 3137 e BRS 3210 apresentam bebidas
524 neutras com poucos atributos que as destaquem. A dispersão no plano dos dois primeiros
525 componentes principais considerando os parâmetros de composição também mostra o
526 clone BRS 1216 com um comportamento diferenciado dos demais híbridos, mas os outros
527 híbridos (incluindo o clone BRS 3220) se posicionaram mais próximo aos Robusta.

528

529 **4 CONCLUSÃO**

530 Os *C. canephora* produzidos na Amazônia Ocidental tinham ampla variação no
531 perfil de composição, mesmo considerando que eram um conjunto de cafés com boa
532 qualidade de bebida. Sugere-se que o parâmetro cafeína/diterpenos totais poderia ser uma
533 ferramenta auxiliar importante na identificação da espécie *C. canephora*. No geral, os
534 cafés apresentavam altos teores de cafeína, trigonelina, ACG e 16-OMC
535 comparativamente ao descrito na literatura para a espécie. Comparando as variedades, os
536 Robusta foram caracterizados pelos maiores teores de trigonelina, melanoidinas, e 16-
537 OMC, e os híbridos, pelos maiores teores de cafeína, ACG, cafestol e diterpenos totais.
538 O clone BRS 2314 se destacou dos demais híbridos, pelos maiores teores de ACG,
539 cafestol e diterpenos totais.

540

541 **AGRADECIMENTOS**

542 Agradecemos a CAPES, CNPq, EMBRAPA, Consórcio Pesquisa Café, e Agência
543 Brasileira de Desenvolvimento Industrial.

544

545 **APOIO FINANCEIRO**

546 Essa pesquisa foi financiada pela Fundação Araucária de Apoio ao
547 Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Paraná (PBA2022011000040).

548

549 **REFERÊNCIAS**

550

551 ABIC. Associação Brasileira da Indústria de Café. (2020). Indicadores da indústria de
552 café. Acesso em 07 de novembro de 2021 de:
553 <https://estatisticas.abic.com.br/estatisticas/indicadores-da-industria/>

- 554 Alonso-Salces, R. M., Serra, F., Reniero, F., Héberger, K. (2009). Botanical and
555 geographical characterization of green coffee (*Coffea arabica* and *Coffea canephora*):
556 Chemometric evaluation of phenolic and methylxanthine contents. *Journal of*
557 *Agricultural and Food Chemistry*, 57, 4224-4235. <https://doi.org/10.1021/jf8037117>
558
- 559 Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Moraes Gonçalves, J. L., Sparovek, G.
560 (2013). Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22,
561 711-728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
562
- 563 Alves, E. A. (2020). Ciência e evolução social na cafeicultura Amazônica. Acesso em
564 15 de novembro de 2021 de:
565 [http://www.consorcioquesquisacafe.com.br/index.php/imprensa/noticias/1001-2020-06-](http://www.consorcioquesquisacafe.com.br/index.php/imprensa/noticias/1001-2020-06-26-15-39-01)
566 [26-15-39-01](http://www.consorcioquesquisacafe.com.br/index.php/imprensa/noticias/1001-2020-06-26-15-39-01)
567
- 568 Alves, G., Xavier, P., Limoeiro, R., Perrone, D. (2020). Contribution of melanoidins
569 from heat-processed foods to the phenolic compound intake and antioxidant capacity of
570 the Brazilian diet. *Journal of Food Science and Technology*, 57, 3119–3131.
571 <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04346-0>
572
- 573 Barbosa, M. S. G., Scholz, M. B. S., Kitzberger, C. S. G., Benassi, M. T. (2019).
574 Correlation between the composition of green Arabica coffee beans and the sensory
575 quality of coffee brews. *Food Chemistry*, 292, 275-280.
576 <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.04.072>
577
- 578 Campanha, F. G., Dias, R. C. E., Benassi, M. T. (2010). Discrimination of coffee
579 species using kahweol and cafestol: effects of roasting and of defects. *Coffee Science*, 5,
580 87-96.
581
- 582 CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. (2013). Acompanhamento da safra
583 brasileira: café. Acesso em 10 de agosto de 2023 de: [https://www.conab.gov.br/info-](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe/item/1605-4-levantamento-cafe-safra-2013)
584 [agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe/item/1605-4-levantamento-cafe-safra-2013](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe/item/1605-4-levantamento-cafe-safra-2013)
585
- 586 CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. (2022). Acompanhamento da safra
587 brasileira: café. Acesso em 10 de agosto de 2023 de: [https://www.conab.gov.br/info-](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe/item/19567-4-levantamento-de-cafe-safra-2022)
588 [agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe/item/19567-4-levantamento-de-cafe-safra-](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe/item/19567-4-levantamento-de-cafe-safra-2022)
589 [2022](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe/item/19567-4-levantamento-de-cafe-safra-2022)
590
- 591 Dalazen, J. R., Rocha, R. B., Pereira, L. L., Alves, E. A., Espindula, M. C., Souza, C. A.
592 (2020). Beverage quality of most cultivated *Coffea canephora* clones in the Western
593 Amazon. *Coffee Science*, 15, 1-10. <https://doi.org/10.25186/v15i.1711>
594
- 595 De Souza, R. M. N., & Benassi, M. T. (2012). Discrimination of commercial roasted
596 and ground coffees according to chemical composition. *Journal of the Brazilian*
597 *Chemical Society*, 23, 1347-1354. <https://doi.org/10.1590/S0103-50532012000700020>
598
- 599 Dias, R. C. E., Faria-Machado, A., Mercadante, A., Bragagnolo, N., Benassi, M. T.
600 (2014). Roasting process affects the profile of diterpenes in coffee. *European Food*
601 *Research and Technology*, 239, 961-970. <https://doi.org/10.1007/s00217-014-2293-x>
602

- 603 Dias, R. C. E., & Benassi, M. T. (2015). Discrimination between Arabica and Robusta
604 coffees using hydrosoluble compounds: Is the efficiency of the parameters dependent on
605 the roast degree? *Beverages*, *1*, 127-139. <https://doi.org/10.3390/beverages1030127>
606
- 607 Espindula, M. C., Teixeira, A. L., Rocha, R. B., Ramalho, A. R., Vieira Júnior, J. R.,
608 Alves, E. A., Diocleciano, J. M., Lunz, A. M. P., Souza, F. F., Costa, J. N. M.,
609 Fernandes, C. F. (2019). *Novas cultivares de cafeeiros Coffea canephora para a*
610 *Amazônia Ocidental Brasileira – Principais características*. Porto Velho, RO, Brasil:
611 Embrapa Rondônia.
612
- 613 Ferrão, R. G., Ferrão, M. A. G., Fonseca, A. F. A., Volpi, P. S., Filho, A. C. V.,
614 Tóffano, J. L., Tragino, P. H., Bragança, S. M. (2019a). Cultivars of Conilon Coffee. In
615 R. G. Ferrão, A. F. A. Fonseca, M. A. G. Ferrão, L. H. Muner (Eds.), *Café Conilon*, (3
616 ed) (pp.255-287). Vitória, ES, Brasil: Incaper.
617
- 618 Ferrão, M. A. G., Ferrão, R. G., Fonseca, A. F. A., Filho, A. C. V., Volpi, P. S. (2019b).
619 Origin, geographical dispersion, taxonomy and genetic diversity of *Coffea canephora*.
620 In R. G. Ferrão, A. F. A. Fonseca, M. A. G. Ferrão, L. H. Muner (Eds.), *Café Conilon*,
621 (3 ed) (pp.85-109). Vitória, ES, Brasil: Incaper.
622
- 623 Ferrão, R. G., Ferrão, M. A. G., Volpi, P. S., Fonseca, A. F. A., Filho, A. C. V.,
624 Comério, M. (2020). Cultivares de cafés Conilon e Robusta. *Informe Agropecuário*.
625 *Cafés Conilon e Robusta: potencialidades e desafios*, *41*, 17-25.
626
- 627 Ferreira, D. F. (2014). Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple
628 comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, *38*, 109-112. [https://doi.org/10.1590/S1413-](https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001)
629 [70542014000200001](https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001)
630
- 631 Finotello, C., Forzato, C., Gasparini, A., Mammi, S., Navarini, S., Schievano, E. (2017).
632 NMR quantification of 16-*O*-methylcafestol and kahweol in *Coffea canephora* var.
633 robusta beans from different geographical origins. *Food Control*, *75*, 62-69.
634 <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.12.019>
635
- 636 Francisco, J. S., Dias, R. C. E., Alves, E. A., Rocha, R. B., Dalazen, J. R., Mori, A. L.
637 B., Benassi, M. T. (2021). Natural Intervarietal Hybrids of *Coffea canephora* have a
638 high content of diterpenes. *Beverages*, *7*, 77. <https://doi.org/10.3390/beverages7040077>
639
- 640 Hečimović, I., Belščak-Cvitanović, A., Horžić, D., Komes, D. (2011). Comparative
641 study of polyphenols and caffeine in different coffee varieties affected by the degree of
642 roasting. *Food Chemistry*, *129*, 991-1000.
643 <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.05.059>
644
- 645 Hu, G. L., Wang, X., Zhang, L., Qiu, M. H. (2019). The sources and mechanisms of
646 bioactive ingredients in coffee. *Food & Function*, *10*, 3113-3126.
647 <https://doi.org/10.1039/C9FO00288J>
648
- 649 Kalschne, D. L., Viegas, M. C., De Conti, A. J., Corso, M. P., Benassi, M. T. (2019).
650 Effect of steam treatment on the profile of bioactive compounds and antioxidant activity
651 of defective roasted coffee (*Coffea canephora*). *LWT*, *99*, 364-370.
652 <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.09.080>

- 653 Klikarová, J., Řeháková, B., Česlová, L. (2022). Evaluation of regular and decaffeinated
654 (un)roasted coffee beans using HPLC and multivariate statistical methods. *Journal of*
655 *Food Composition and Analysis*, 114, 104841.
656 <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104841>
657
- 658 Lemos, M. F., Perez, C., Cunha, P. H. P., Filgueiras, P. R., Pereira, L. L., Fonseca, A. F.
659 A., Ifa, D. R., Scherer, R. (2020). Chemical and sensory profile of new genotypes of
660 Brazilian *Coffea canephora*. *Food Chemistry*, 310, 125850.
661 <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125850>
662
- 663 Lingle, T. R., & Menon, S. N. (2017). Cupping and Grading – Discovering character
664 and quality. In B. Folmer (Ed.). *The Craft and Science of Coffee*, (1 ed) (pp.181-204).
665 Cambridge, MA, USA: Academic Press.
666
- 667 Lu, H., Tian, Z., Cui, Y., Liu, Z., Ma, X. (2020). Chlorogenic acid: A comprehensive
668 review of the dietary sources, processing effects, bioavailability, beneficial properties,
669 mechanisms of action, and future directions. *Comprehensive Reviews in Food Science*
670 *and Food Safety*, 19, 3130-3158. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12620>
671
- 672 Ludwig, I. A., Clifford, M. N., Lean, M. E., Ashihara, H., Crozier, A. (2014). Coffee:
673 biochemistry and potential impact on health. *Food & Function*, 5, 1695-1717.
674 <https://doi.org/10.1039/c4fo00042k>
675
- 676 Marcolan, A., Ramalho, A., Mendes, A., Teixeira, C., Fernandes, C. D. F., Costa, J.,
677 Vieira Júnior, J. R., Oliveira, S. J. M., Fernandes, S. R., Veneziano, W. (2009). *Cultivo*
678 *dos cafeeiros Conilon e Robusta para Rondônia*. Porto Velho, RO, Brasil: Embrapa
679 Rondônia.
680
- 681 Moeenfarid, M., & Alves, A. (2020). New trends in coffee diterpenes research from
682 technological to health aspects. *Food Research International*, 134, e109207.
683 <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109207>
684
- 685 Morais, J. A., Rocha, R. B., Alves, E. A., Espindula, M. C., Teixeira, A. L., Souza, C.
686 A. (2021). Beverage quality of *Coffea canephora* genotypes in the western Amazon,
687 Brazil. *Acta Scientiarum Agronomy*, 43, e52095.
688 <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v43i1.52095>
689
- 690 Mori, A. L. B., Kalschne, D. L., Ferrão, M. A. G., Fonseca, A. F. A., Ferrão, R. G.,
691 Benassi, M. T. (2016). Diterpenes in *Coffea canephora*. *Journal of Food Composition*
692 *and Analysis*, 52, 52-57. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.08.004>
693
- 694 Mori, A. L. B., Viegas, M. C., Ferrão, M. A. G., Fonseca, A. F. A., Ferrão, R. G.,
695 Benassi, M. T. (2020). Coffee brews composition from *Coffea canephora* cultivars with
696 different fruit-ripening seasons. *British Food Journal*, 122, 827-840.
697 <https://doi.org/10.1108/BFJ-03-2019-0203>
698
- 699 Munyendo, L. M., Njoroge, D. M., Owaga, E. E., Mugendi, B. (2021). Coffee
700 phytochemicals and post-harvest handling - A complex and delicate balance. *Journal of*
701 *Food Composition and Analysis*, 102, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.103995>
702

- 703 Novaes, F. J. M., Oigman, S. S., Souza, R. O. M. A., Rezende, C. M., Aquino Neto, F.
704 R. (2015). New approaches on the analyses of thermolabile coffee diterpenes by gas
705 chromatography and its relationship with cup quality. *Talanta*, 139, 159-166.
706 <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2014.12.025>
707
- 708 OIC. Organização Internacional do Café. (2021). Relatório sobre o mercado de café -
709 outubro de 2021. Acesso em 17 de novembro de 2021 de:
710 <https://www.ico.org/documents/cy2021-22/cmr-1021-p.pdf>.
711
- 712 Pereira, G. V. M., Carvalho Neto, D. P., Magalhães Júnior, A. I., Prado, F. G.,
713 Pagnoncelli, M. G. B., Karpa, S. G., Soccol, C. R. (2020). Chapter Three - Chemical
714 composition and health properties of coffee and coffee by-products. In F. Toldrá (Ed.),
715 *Advances in Food and Nutrition Research*, Vol. 91 (pp. 65-96). Cambridge, MA, USA:
716 Academic Press.
717
- 718 Perrone, D., Farah, A., Donangelo, C. M. (2012). Influence of coffee roasting on the
719 incorporation of phenolic compounds into melanoidins and their relationship with
720 antioxidant activity of the brew. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60, 4265-
721 4275. <https://doi.org/10.1021/jf205388x>
722
- 723 Pinheiro, C. A., Pereira, L. L., Fioresi, D. B., Oliveira, D. S., Osório, V. M., Silva, J. A.,
724 Pereira, U. A., Ferrão, M. A. G., Riva-Souza, E. M., Fonseca, A. F. A., Pinheiro, P. F.
725 (2019). Physico-chemical properties and sensory profile of *Coffea canephora* genotypes
726 in high-altitudes. *Australian Journal of Crop Science*, 13, 2046-2052.
727 <https://doi.org/10.21475/ajcs.19.13.12.p2060>
728
- 729 Portela, C. S., Almeida, I. F., Mori, A. L. B., Yamashita, F.; Benassi, M. T. (2021).
730 Brewing conditions impact on the composition and characteristics of cold brew Arabica
731 and Robusta coffee beverages. *LWT*, 143, 111090.
732 <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111090>
733
- 734 Reis, T. A. D., Conti, A. J., Barrientos, E. A. L., Mori, A. L. B., Benassi, M. T. (2019).
735 Instant coffee with steamed PVA beans: Physical-chemical and sensory aspects. *Ciência
736 e Agrotecnologia*, 43, e026119. <https://doi.org/10.1590/1413-7054201943026119>
737
- 738 Rufián-Henares, J. A., & Pastoriza, S. (2015). Melanoidins in Coffee. In V. R. Preddy
739 (Ed.), *Coffee in health and disease prevention*, (1 ed) (pp.183-188). Cambridge, MA,
740 USA: Academic Press.
741
- 742 SCAA. Specialty Coffee Association of America. (2020). Beyond Coffea Arabica:
743 Opportunities for Specialty Coffee with *Coffea canephora*. Acesso em 30 de agosto de
744 2022 de: [https://sca.coffee/sca-news/read/beyond-coffee-arabica-opportunities-for-
745 specialty-coffee-with-coffee-canephora](https://sca.coffee/sca-news/read/beyond-coffee-arabica-opportunities-for-specialty-coffee-with-coffee-canephora).
746
- 747 Schievano, E., Finotello, C., Angelis, E., Mammi, S., Navarini, L. (2014). Rapid
748 authentication of coffee blends and quantification of 16-O-methylcafestol in roasted
749 coffee beans by nuclear magnetic resonance. *Journal of Agricultural and Food
750 Chemistry*, 62, 12309-12314. <https://doi.org/10.1021/jf505013d>
751

- 752 Silva, M. J. G., Saraiva, F. A. M., Silva, A. A. G., Santos Neto, L. A., Querino, C. A. S.
753 (2015). Clima. In A. L. Marcolan, & M. C. Espindula (Eds.), *Café na Amazônia* (1 ed)
754 (pp.41-54). Porto Velho, RO, Brasil: Embrapa Rondônia.
755
- 756 Souza, C. A., Rocha, R. B., Alves, E. A., Teixeira, A. L., Dalazen, J. R., Fonseca, A. F.
757 A. (2018). Characterization of beverage quality in *Coffea canephora* Pierre ex A.
758 Froehner. *Coffee Science*, 13, 210-218. <https://doi.org/10.25186/cs.v13i2.1419>
759
- 760 Sridevi, V., Giridhar, P., Ravishankar, G. A. (2011). Evaluation of roasting and brewing
761 effect on antinutritional diterpenes-cafestol and kahweol in coffee. *Global Journal of*
762 *Medical Research*, 11, 16-22.
763
- 764 Statsoft. (2006). *STATISTICA for Windows: computer program manual*. Versão 7.1.
765 Tulsa: Software Inc.
766
- 767 Teixeira, A. L., Rocha, R. B., Espindula, M. C., Ramalho, A. R., Vieira Júnior, J. R.,
768 Alves, E. A., Lunz, A. M. P., Souza, F. F., Costa, J. N. M., Fernandes, C. F. (2020).
769 Amazonian Robustas - New *Coffea canephora* coffee cultivars for the Western
770 Brazilian Amazon. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 20, e323420318.
771 <https://doi.org/10.1590/1984-70332020v20n3c53>
772
- 773 UCDA. Uganda Coffee Development Authority. (2010). Robusta cupping protocols.
774 PSCB 123/10. Acesso em 15 de novembro de 2021 de:
775 <http://dev.ico.org/documents/pscb-123-p-robusta.pdf>.
776
- 777 Vignoli, J. A., Viegas, M. C., Bassoli, D. G., Benassi, M. T. (2014). Roasting process
778 affects differently the bioactive compounds and the antioxidant activity of arabica and
779 robusta coffees. *Food Research International*, 61, 279-285.
780 <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.06.006>
781
- 782 Zanin, R. C., Kitzberger, C. S. G., Benassi, M. T. (2020). Characterization of roasted
783 *Coffea arabica* species by the relationship between caffeine and diterpenes contents.
784 *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 63, e20180752.
785 <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2020180752>
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801

802 MATERIAL SUPLEMENTAR

803

804 **Tabela S.1.** Relação dos 10 cultivares híbridos intervarietais de *C. canephora* com a especificação da genealogia, o ciclo de maturação, o número
805 identificador da cultivar e o número no Registro Nacional de Cultivares do MAPA.

Nome da cultivar	Genealogia	Ciclo de maturação ^a	Número identificador	Número de registro
BRS 1216	Emcapa 03 x IAC 1675	Intermediário	16	39561
BRS 2299	Polinização aberta ¹	Intermediário	99	41306
BRS 2314	Emcapa 03 x IAC 640	Tardio	14	39560
BRS 2336	Polinização aberta ²	Tardio	36	39562
BRS 2357	Polinização aberta ¹	Tardio	57	41305
BRS 3137	Polinização aberta ²	Precoce	37	39557
BRS 3193	Polinização aberta ²	Precoce	93	41304
BRS 3210	Emcapa 03 x IAC 2258	Intermediário	10	39559
BRS 3213	Emcapa 03 x IAC 2258	Intermediário	13	39556
BRS 3220	Emcapa 03 x IAC 1675	Intermediário	20	39555

806 ¹Genótipos de polinização aberta de Conilon cultivar BRS Ouro Preto desenvolvida pela Embrapa em 2013.

807 ²Genótipos de polinização aberta do banco de germoplasma mantido em Ouro Preto do Oeste/RO, Brasil.

808 ^aPrecoce (abril); Intermediário (maio) e Tardio (junho).

809

810

811

812

813

814

815 **Tabela S.2.** Teores de ácido 5-cafeoilquínico (5-ACQ) e diterpenos totais e relações entre os teores de cafestol e caveol e teores de cafeína e
816 diterpenos totais e notas para qualidade de bebida para cafés *C. canephora* da variedade Robusta.

Identificação	Clones	5-ACQ ¹ (g 100 g ⁻¹)	Diterpenos totais ¹ (g 100 g ⁻¹)	Cafestol/caveol ¹	Cafeína/diterpenos totais ¹	Notas ²
R1	Apoatã P1	1,28 ^k ± 0,05	0,316 ^j ± 0,009	-	8,8 ^d ± 0,3	79,4 ^a ± 4,1
R2	Apoatã P2	1,58 ^g ± 0,03	0,398 ^f ± 0,033	-	5,9 ^j ± 0,5	79,4 ^a ± 4,4
R3	Apoatã P3	1,27 ^k ± 0,02	0,334 ⁱ ± 0,006	3,6 ^d ± 0,2	8,1 ^e ± 0,1	76,1 ^b ± 4,5
R4	Apoatã P4	1,60 ^g ± 0,01	0,353 ^h ± 0,009	-	6,6 ^h ± 0,2	79,5 ^a ± 2,6
R5	Apoatã P5	1,48 ⁱ ± 0,02	0,450 ^e ± 0,017	5,7 ^c ± 0,4	4,7 ^l ± 0,1	81,5 ^a ± 3,6
R6	Apoatã P6	1,63 ^g ± 0,03	0,365 ^g ± 0,010	-	5,9 ^j ± 0,2	79,3 ^a ± 3,6
R7	Apoatã P7	1,86 ^d ± 0,09	0,307 ^j ± 0,001	3,2 ^d ± 0,1	7,4 ^g ± 0,1	82,2 ^a ± 1,7
R8	Apoatã P8	1,31 ^k ± 0,04	0,413 ^f ± 0,007	-	4,0 ^m ± 0,1	84,1 ^a ± 2,7
R9	Apoatã P9	1,55 ^g ± 0,03	0,707 ^a ± 0,026	13,4 ^b ± 1,3	3,1 ⁿ ± 0,1	77,5 ^b ± 2,4
R10	Apoatã P10	1,48 ⁱ ± 0,04	0,438 ^e ± 0,010	-	5,7 ^j ± 0,1	84,6 ^a ± 1,7
R11	Apoatã P11	1,73 ^f ± 0,04	0,318 ^j ± 0,007	-	7,3 ^g ± 0,2	79,9 ^a ± 3,0
R12	Apoatã P12	1,45 ⁱ ± 0,02	0,371 ^g ± 0,006	-	5,7 ^j ± 0,1	76,8 ^b ± 3,9
R13	Apoatã P13	1,47 ⁱ ± 0,01	0,276 ^k ± 0,005	-	7,4 ^g ± 0,2	80,9 ^a ± 4,4
R14	Apoatã P14	1,89 ^c ± 0,03	0,351 ^h ± 0,003	3,4 ^d ± 0,2	6,7 ^h ± 0,1	84,6 ^a ± 2,6
R15	Apoatã P15	1,64 ^g ± 0,01	0,256 ^l ± 0,008	-	8,6 ^d ± 0,2	74,9 ^b ± 4,2
R16	Apoatã P16	1,25 ^k ± 0,01	0,314 ^j ± 0,004	-	6,4 ⁱ ± 0,1	69,7 ^c ± 3,5

R17	Apoatã P17	1,51 ^h ± 0,00	0,338 ⁱ ± 0,022	-	7,5 ^f ± 0,6	81,8 ^a ± 4,7
R18	Apoatã P18	1,71 ^f ± 0,04	0,337 ⁱ ± 0,020	-	7,9 ^f ± 0,4	79,9 ^a ± 4,0
R19	Apoatã P19	1,52 ^h ± 0,16	0,321 ^j ± 0,021	-	6,2 ⁱ ± 0,6	79,1 ^a ± 4,8
R20	Apoatã P20	1,72 ^f ± 0,04	0,242 ^m ± 0,017	-	11,4 ^a ± 0,9	81,1 ^a ± 5,0
R21	Apoatã P22	1,68 ^f ± 0,02	0,391 ^s ± 0,029	-	6,7 ^h ± 0,5	76,8 ^b ± 5,4
R22	Apoatã P23	1,62 ^s ± 0,04	0,303 ^j ± 0,007	-	5,7 ^j ± 0,2	83,2 ^a ± 3,6
R23	Apoatã P24	1,52 ^h ± 0,00	0,326 ⁱ ± 0,018	-	8,2 ^c ± 0,5	78,7 ^a ± 3,3
R24	Apoatã P25	1,59 ^s ± 0,05	0,491 ^d ± 0,003	-	4,8 ^l ± 0,1	80,4 ^a ± 1,3
R25	Apoatã P26	1,57 ^s ± 0,03	0,399 ^f ± 0,008	-	6,2 ⁱ ± 0,1	80,5 ^a ± 2,7
R26	Apoatã P27	1,79 ^e ± 0,00	0,224 ^m ± 0,014	-	10,3 ^b ± 0,7	78,8 ^a ± 2,6
R27	Apoatã P28	1,86 ^d ± 0,04	0,236 ^m ± 0,001	-	11,5 ^a ± 0,1	82,1 ^a ± 5,2
R28	Apoatã P29	1,39 ^j ± 0,04	0,238 ^m ± 0,006	-	9,3 ^c ± 0,2	80,1 ^a ± 2,9
R29	Apoatã P30	1,78 ^e ± 0,05	0,304 ^j ± 0,026	-	7,2 ^g ± 0,7	81,9 ^a ± 2,0
R30	Apoatã P31	1,44 ^j ± 0,03	0,320 ^j ± 0,011	-	8,3 ^c ± 0,3	80,6 ^a ± 3,0
R31	Apoatã P32	1,61 ^s ± 0,06	0,514 ^c ± 0,032	-	5,2 ^k ± 0,4	81,3 ^a ± 2,4
R32	Apoatã P33	1,48 ⁱ ± 0,02	0,218 ^m ± 0,009	-	8,3 ^c ± 0,3	82,7 ^a ± 1,6
R33	Apoatã P35	1,88 ^d ± 0,05	0,430 ^e ± 0,009	2,8 ^d ± 0,2	6,6 ^h ± 0,3	80,1 ^a ± 1,9
R34	Apoatã P36	1,41 ^j ± 0,01	0,469 ^d ± 0,016	-	4,2 ^m ± 0,1	79,0 ^a ± 3,5

R35	Apoatã P37	1,94 ^c ± 0,01	0,284 ^k ± 0,015	-	10,0 ^b ± 0,5	80,2 ^a ± 2,8
R36	Apoatã P38	1,79 ^c ± 0,04	0,371 ^g ± 0,009	-	7,1 ^g ± 0,1	82,1 ^a ± 3,6
R37	Apoatã P39	2,23 ^a ± 0,04	0,334 ⁱ ± 0,017	-	7,7 ^f ± 0,4	80,8 ^a ± 6,1
R38	Apoatã P40	1,38 ⁱ ± 0,03	0,357 ^h ± 0,029	-	5,5 ^k ± 0,4	76,4 ^b ± 6,5
R39	Apoatã P41	1,45 ⁱ ± 0,06	0,377 ^g ± 0,014	-	7,1 ^g ± 0,6	80,3 ^a ± 3,6
R40	Apoatã P42	1,81 ^d ± 0,15	0,298 ^k ± 0,016	-	9,0 ^c ± 0,7	79,6 ^a ± 2,9
R41	Apoatã P43	1,43 ^j ± 0,03	0,335 ⁱ ± 0,028	-	7,0 ^h ± 0,7	79,7 ^a ± 2,2
R42	Apoatã P44	1,27 ^k ± 0,02	0,258 ^l ± 0,012	-	8,8 ^d ± 0,3	80,3 ^a ± 2,3
R43	Apoatã P45	1,62 ^g ± 0,18	0,410 ^f ± 0,033	-	6,0 ^j ± 0,6	80,1 ^a ± 1,4
R44	Apoatã P46	2,03 ^b ± 0,04	0,302 ^j ± 0,015	-	11,0 ^a ± 0,5	79,8 ^a ± 5,2
R45	Apoatã P47	1,59 ^g ± 0,01	0,348 ^h ± 0,018	6,1 ^c ± 0,3	4,8 ^l ± 0,2	79,3 ^a ± 4,7
R46	BAG P6 Rob 1641	1,77 ^c ± 0,06	0,329 ⁱ ± 0,009	-	9,3 ^c ± 0,4	81,2 ^a ± 2,4
R47	BAG P7 Rob 1641	1,48 ⁱ ± 0,12	0,348 ^h ± 0,009	-	7,9 ^f ± 0,3	78,5 ^b ± 2,4
R48	BAG P11 Rob 1641	1,47 ⁱ ± 0,00	0,378 ^g ± 0,014	-	6,2 ⁱ ± 0,3	82,0 ^a ± 2,3
R49	BAG P15 Rob 1641	1,53 ^h ± 0,05	0,421 ^f ± 0,006	-	5,2 ^k ± 0,1	81,5 ^a ± 4,8
R50	BAG P214 Rob 2258-1	1,39 ⁱ ± 0,00	0,522 ^c ± 0,014	-	4,6 ^l ± 0,1	80,6 ^a ± 3,4
R51	BAG P217 Rob 2258-1	1,36 ^j ± 0,03	0,354 ^h ± 0,020	-	6,9 ^h ± 0,2	77,8 ^b ± 4,8
R52	BAG P220 Rob 2258-1	1,31 ^k ± 0,05	0,371 ^g ± 0,015	-	5,2 ^k ± 0,1	80,0 ^a ± 4,2

R53	BAG P221 Rob 2258-1	1,68 ^f ± 0,09	0,444 ^c ± 0,034	-	5,9 ^j ± 0,6	78,3 ^b ± 6,3
R54	BAG P303 Guarani 1675	1,79 ^e ± 0,02	0,369 ^g ± 0,020	6,0 ^c ± 0,2	6,4 ⁱ ± 0,3	82,3 ^a ± 2,4
R55	BAG P305 Guarani 1675	1,84 ^d ± 0,06	0,257 ^l ± 0,007	-	10,2 ^b ± 0,4	82,3 ^a ± 2,4
R56	BAG P312 Guarani 1675	1,71 ^f ± 0,03	0,307 ^j ± 0,005	5,5 ^c ± 0,2	7,7 ^f ± 0,1	78,8 ^a ± 3,0
R57	Clone 15	1,39 ⁱ ± 0,02	0,566 ^b ± 0,003	14,7 ^a ± 0,4	4,3 ^m ± 0,0	81,3 ^a ± 2,2
	Valor médio³	1,59	0,358	6,5	7,0	80,0
	CV%	2,65	4,62	7,40	5,41	4,38

817 ¹Médias de duplicatas de extração e analítica (n = 4) ± desvio padrão; médias seguidas de letras distintas na mesma coluna indicam diferença significativa entre clones (Scott-
818 Knott, p ≤ 0,05).

819 ²Médias de notas (n = 5 ou n = 6) expressas em escala de 100 ± desvio padrão; médias seguidas de letras distintas na mesma coluna indicam diferença significativa entre clones
820 (Scott-Knott, p ≤ 0,05).

821 ³Valor médio e coeficiente de variação (CV%) entre amostras para 5-ACQ, diterpenos totais, relação cafeína/diterpenos totais e notas (n = 57) e relação cafestol/caveol (n =
822 10).

823

824

825

826

827

828

829

830

831

832

833

834

835

836

837

838 **Tabela S.3.** Teores de ácido 5-cafeoilquínico (5-ACQ) e diterpenos totais e relações entre os teores de cafestol e caveol e teores de cafeína e
839 diterpenos totais e notas para qualidade de bebida para cafés *C. canephora* híbridos intervarietais.

Clones	5-ACQ ¹ (g 100 g ⁻¹)	Diterpenos totais ¹ (g 100 g ⁻¹)	Cafestol/caveol ¹	Cafeína/diterpenos totais ¹	Notas ²
BRS 1216	1,93 ^d ± 0,03	0,411 ^c ± 0,008	-	7,0 ^e ± 0,2	79,4 ^a ± 2,8
BRS 2299	1,51 ^f ± 0,03	0,233 ^f ± 0,011	-	9,8 ^b ± 0,3	80,3 ^a ± 2,3
BRS 2314	2,43 ^a ± 0,02	0,676 ^a ± 0,009	-	4,6 ^f ± 0,1	82,1 ^a ± 2,0
BRS 2336	1,72 ^e ± 0,00	0,509 ^b ± 0,027	-	7,0 ^e ± 0,4	77,4 ^a ± 3,4
BRS 2357	1,40 ^g ± 0,04	0,376 ^d ± 0,006	-	6,7 ^e ± 0,1	78,0 ^a ± 4,0
BRS 3137	1,87 ^d ± 0,02	0,490 ^b ± 0,005	5,8 ^a ± 0,2	5,0 ^f ± 0,1	79,8 ^a ± 1,4
BRS 3193	2,00 ^b ± 0,05	0,372 ^d ± 0,014	-	7,3 ^c ± 0,4	78,1 ^a ± 3,3
BRS 3210	1,95 ^c ± 0,06	0,334 ^e ± 0,012	-	8,6 ^c ± 0,2	79,2 ^a ± 2,7
BRS 3213	1,91 ^d ± 0,05	0,331 ^e ± 0,026	-	8,1 ^d ± 0,5	80,2 ^a ± 1,5
BRS 3220	1,95 ^c ± 0,01	0,242 ^f ± 0,017	6,1 ^a ± 0,5	10,6 ^a ± 0,7	81,7 ^a ± 2,2
Valor médio³	1,87	0,397	5,9	7,5	79,7
CV%	1,74	3,85	6,96	4,79	3,21

840 ¹Médias de duplicatas de extração e analítica (n = 4) ± desvio padrão; médias seguidas de letras distintas na mesma coluna indicam diferença significativa entre
841 clones (Scott-Knott, p ≤ 0,05).

842 ²Médias de notas (n = 5 ou n = 6) expressas em escala de 100 ± desvio padrão; médias seguidas de letras distintas na mesma coluna indicam diferença significativa
843 entre clones (Scott-Knott, p ≤ 0,05).

844 ³Valor médio e coeficiente de variação (CV%) entre amostras para 5-ACQ, diterpenos totais, relação cafeína/diterpenos totais e notas (n = 57) e relação cafestol/caveol (n =
845 10).

846

847

848

849

850 **Tabela S.4.** Matriz de correlação das variáveis de composição química e notas para qualidade de bebida de cafés *C. canephora*.

	Cafeína	Trigonelina	ACG	Melanoidinas	Caveol	Cafestol	16-OMC	Diterpenos totais	Notas
Cafeína	1,000000	-	-	-	-	-	-	-	-
Trigonelina	-0,070941 ^{ns}	1,000000	-	-	-	-	-	-	-
ACG	0,547353*	-0,040688 ^{ns}	1,000000	-	-	-	-	-	-
Melanoidinas	-0,164011 ^{ns}	0,139514 ^{ns}	-0,279323 ^{ns}	1,000000	-	-	-	-	-
Caveol	-0,080539 ^{ns}	0,164672 ^{ns}	0,188489 ^{ns}	0,030493 ^{ns}	1,000000	-	-	-	-
Cafestol	0,146257 ^{ns}	-0,506337*	0,145823 ^{ns}	-0,203460 ^{ns}	0,169542 ^{ns}	1,000000	-	-	-
16-OMC	-0,266697 ^{ns}	0,293696 ^{ns}	-0,232431 ^{ns}	0,438125*	0,006132 ^{ns}	-0,156764 ^{ns}	1,000000	-	-
Diterpenos totais	0,131900 ^{ns}	-0,240857 ^{ns}	0,005086 ^{ns}	-0,083107 ^{ns}	0,196738 ^{ns}	0,712932*	0,063002 ^{ns}	1,000000	-
Notas	-0,025430 ^{ns}	0,057187 ^{ns}	0,333584 ^{ns}	0,038597 ^{ns}	0,120319 ^{ns}	-0,027032 ^{ns}	-0,042897 ^{ns}	0,005165 ^{ns}	1,000000

* Valores significativos a 5% de probabilidade pelo teste de correlação multivariada.

851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864

**CAPÍTULO 3: SENSORY DESCRIPTION OF BEVERAGES OF
INTERVARIETAL HYBRIDS OF CONILON AND ROBUSTA: NATURAL AND
FERMENTED COFFEES**

Artigo submetido à Revista Journal of Sensory Studies (em avaliação).

51 1 INTRODUCTION

52 The low genetic diversity of the *Coffea arabica* species (Arabica coffee), which reduces
53 its resilience against climate change, renewed, in the last years, the interest in *Coffea canephora*,
54 which is more productive and better adaptable to a warmer planet (Specialty Coffee Association
55 of America [SCAA], 2020).

56 Brazil is the leading coffee producer and exporter and the second-world consumer; the
57 country is the second-largest producer of *C. canephora* (an estimate of 18.2 million bags of 60
58 kg in 2023) (Associação Brasileira da Indústria de Café [ABIC], 2021; Companhia Nacional de
59 Abastecimento [CONAB], 2022). Genetic improvement studies launching highly productive
60 clonal cultivars contributed to an increase of around 50% in the production of *C. canephora* in
61 Brazil in the last 20 years (CONAB, 2013; CONAB, 2023; Ferrão et al., 2020).

62 The interest in *C. canephora* production has broken an old paradigm: this species is
63 associated with low-quality coffee and low market prices (SCAA, 2020). In addition to genetics
64 (species and variety), beverage quality is also influenced by factors as pre-harvest, such as the
65 growing site (soil and climate conditions and plants adaptability) and management practices;
66 harvest (with the possibility of selecting ripened fruits); and post-harvest (as drying, hulling and
67 fermentation), storage, and roasting process (Alves et al., 2020).

68 Among these factors, we highlight the potential of fermentation, where microorganisms
69 use fruit compounds as an energy source, changing the composition profile and, consequently,
70 the sensory attributes (Pereira, Gomes, Guerra, Caon, & Partelli, 2021). Coffee fruits can
71 undergo aerobic and/or anaerobic fermentation, either spontaneously (due to endophytic
72 microorganisms) (Silva, Batista, Abreu, Dias, & Schwan, 2008; Pereira et al., 2019), or induced
73 (by endophytic or added microorganisms) (Alves et al., 2020; Pereira et al., 2022; Cassimiro et
74 al., 2023). The induced fermentation of *C. canephora* is a recent alternative to enhance fruit
75 quality, producing unique beverages with different nuances and offering more diversified
76 coffees (Alves et al., 2020; Souza, Alves, Rocha, Espindula, & Teixeira, 2021).

77 Quality improvement is a sure way to expand consumer markets and it helps to maintain
78 the historic growth of *C. canephora* production worldwide. The use of a specific protocol for
79 the evaluation, the Fine Robusta Cupping (Uganda Coffee Development Authority [UCDA],
80 2010), has contributed to the material valorization, allowing the identification of *C. canephora*
81 coffees with good cup quality (> 70 on a 100-point scale) (UCDA, 2010; Lingle & Menon,
82 2017).

83 The cultivar Amazonian Robustas, composed of 10 clones of *C. canephora*
84 intervarietal hybrids of Conilon and Robusta, was recently released (Teixeira et al., 2020;

85 CONAB, 2022); among them, the two genotypes BRS 2314 and BRS 2357 studied here showed
86 differences in phenotypic and genotypic characteristics. As for the genealogy, clone BRS 2314
87 is a crossing of Emcapa 03 × IAC 640 and clone BRS 2357 is an open pollination genotype
88 from the Conilon cultivar BRS Ouro Preto. They are both late-maturing cultivars with high
89 yields (over 60 bags ha⁻¹), but BRS 2314 is more resistant to coffee leaf rust and root-knot
90 nematode (Teixeira et al., 2020; Morais et al., 2021). The clone BRS 2314 has a high potential
91 for the specialty coffee market, characteristic of the Robusta botanical variety, with beverage
92 quality (> 80 points). The clone BRS 2357 has good cup quality (> 70 points) and can be used
93 by the soluble coffee industry and for inclusion in roasted coffee blends with Arabica (Teixeira
94 et al., 2020; Morais et al., 2021). However, it is noteworthy that the evaluation of beverages by
95 experts does not always correspond to the consumer's insights into coffee brew quality and
96 characteristics (Giacalone, Fosgaard, Steen, & Münchow, 2016; Bressani, Martinez, Batista,
97 Simão, & Schwan, 2021).

98 The sensory techniques of Flash Profile (FP) and Temporal Dominance of Sensations
99 (TDS) have been used in the quick sensory description of static and temporal respectively of *C.*
100 *canephora* beverages (Kobayashi & Benassi, 2012; Kalschne, Viegas, De Conti, Corso, &
101 Benassi, 2019a; Reis, De Conti, Mori, & Benassi, 2020; Portela, Almeida, Reis, Hickmann, &
102 Benassi, 2022). Since there is no sensory characterization by untrained assessors or comparison
103 between natural and fermented *C. canephora* hybrid coffees, the joint use of these techniques
104 may provide a closer representation of the consumer's perception of these products.

105 The study aimed to describe the sensory profile and dominant sensory attributes of
106 intervarietal hybrid *C. canephora* coffee beverages in natural and fermented versions. In
107 parallel, the beverages were also characterized by some physicochemical characteristics.

108

109 **2 MATERIALS AND METHODS**

110 **2.1 Materials: coffee and coffee beverages**

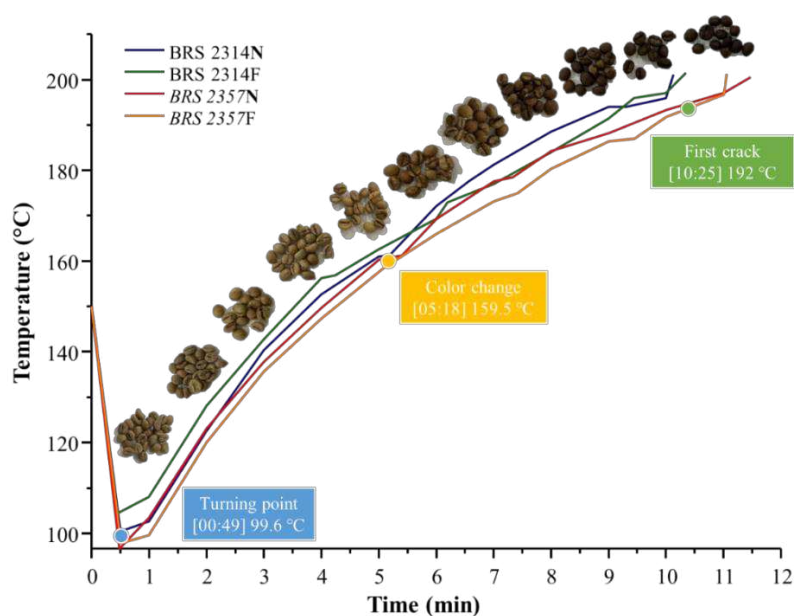
111 *C. canephora* clonal coffees, intervarietal hybrids of Conilon and Robusta varieties,
112 were provided by Embrapa Rondônia (Porto Velho, Rondônia, Brazil). They were grown at
113 Ouro Preto do Oeste/RO, located at the coordinates 10°43'55.3" S and 62°15'23.2" W, and 245
114 m of altitude. The local climate is 'Aw' type by Köppen's classification, which stands for humid
115 tropical with dry winters and rainy summers (Rocha et al., 2021). In a study with 16 hybrid
116 clones, Ouro Preto do Oeste was pointed out as a favorable environment for developing coffees
117 with good cup quality (Morais et al., 2021).

118 Two hybrid clones - BRS 2314 and BRS 2357- were selected for the study based on the
 119 differences in the composition profile, cup quality, and sensory characteristics described by
 120 experts in previous research (Teixeira et al., 2020; Morais et al., 2021; Viencz et al., 2023).

121 Coffee fruits were harvested in the 2021 crop at the cherry stage and washed to remove
 122 buoy fruits and impurities such as leaves, stones, sticks, and earth. Half of the fruits of each
 123 genotype were left to dry naturally under a “barge-type” covering until reaching 11-12%
 124 moisture (approximately for 10 days). The other part was fermented (by endophytic
 125 microorganisms) for 15 days with sealed bioreactors (with 20 L capacity) coupled with an
 126 airlock valve to allow the elimination of oxygen (O₂) present in the bioreactor as fermentation
 127 produces carbon dioxide (CO₂), providing an environment for anaerobic fermentation
 128 (sprouting process) and then dried naturally. After drying, the fruits were peeled, the coffee
 129 beans were sieved (sieve 15 and larger), and the green beans were stored in paper packaging.

130 The green beans were roasted in a Probatino roaster (Probat Leogap, Curitiba, Brazil)
 131 with a capacity of 4 kg h⁻¹, batch size from 0.8 to 1.2 kg. Approximately 3 kg of each sample
 132 (hybrid coffees in their natural and fermented versions) were roasted separately in three batches.
 133 The roasting process was performed under the following conditions: initial temperature of 150
 134 °C, gas flow of 1.5 kg/h, duration of around 11 min, and final temperature of 200 °C (Figure 1).
 135 The process was monitored by color using a set of Agtron-SCA discs; the roasting degree was
 136 standardized between #65 and #55, as usual for specialty coffees (Morais et al., 2021). The
 137 average weight loss was 14%.

138



139 **Figure 1.** Roasting curves of *C. canephora* coffees. Clones: BRS 2314 and BRS 2357; N
 140 corresponds to natural coffees, F to fermented ones.
 141

142 After roasting, the coffees were ground in a Bunn coffee Mill grinder G3A (Bunn-O-
143 Matic Corporation, Springfield, USA) using the auto-drip grind function. The ground coffee
144 was classified through manually stirring for 5 min using ASTM sieve stacks #20 (0.850 mm
145 mesh opening), #40 (0.425 mm mesh opening), and bottom pan; 21% of coffee particles were
146 retained on sieve #20; 58% of particles on sieve #40 and 21% of particles on the pan, indicating
147 a medium granulometry, adequate for the preparation method (French press) (Mestdagh,
148 Glabasnia, & Giuliano, 2017).

149 Ground coffees were characterized for color (analyses in triplicate) in a Minolta CR-
150 410 colorimeter (Konica Minolta Sensing Inc., Osaka, Japan) with D65 illuminant and diffused
151 illumination; the samples had a medium-light roasting degree, with a lightness of 35 ± 2 and a
152 hue of 63 ± 2 . The ground coffee was packed in plastic bags and kept refrigerated ($8 \text{ }^\circ\text{C}$) until
153 analyses.

154 Beverages were prepared in a French press coffee maker (350 mL); the method was
155 chosen because it allowed easy standardization of the brewing process. Considering the higher
156 solids content of *C. canephora* compared to *C. arabica* species, the beverage was prepared at a
157 ratio of 1: 12 (w/v) coffee: water as suggested by Seninde, Chambers, and Chambers (2020).
158 Mineral water pH 8.56 (Crystal, Bauru, Brazil) was used. Roasted and ground coffee (16 g) was
159 added to the French press, and 200 mL of hot water ($94 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$) was added and homogenized.
160 The top of the French press was placed with the plunger raised, and after a infusion time of 4
161 min (Mestdagh, Glabasnia, & Giuliano, 2017), the plunger was pressed to filter the beverage.

162

163 **2.2 Physicochemical characterization**

164 The following reagents and materials were used: acetonitrile HPLC grade (Merck,
165 Darmstadt, Germany); acetic acid (purity $\geq 99.8\%$, Anidrol, Diadema, Brazil); sodium
166 hydroxide analytical grade (Labsynth Produtos para Laboratórios Ltda, Diadema, Brazil); 0.22
167 μm nylon syringe filter and 0.45 μm nylon membranes (Filtrilo, Colombo, Brazil);
168 chromatographic standards of caffeine, trigonelline, and 5-caffeoylquinic acid (Sigma Aldrich,
169 Saint Louis, USA), and a Spherisorb ODS-1 column ($150 \times 4,6 \text{ mm}$, 3 μm ; Waters, Milford,
170 USA). Ultrapure water was obtained with an Elga Purelab Option-Q purification and filtration
171 system (Veolia Water Solutions & Technologies, High Wycombe, UK).

172 Two genuine replications of each beverage were prepared and stored in amber glass
173 bottles at $-18 \text{ }^\circ\text{C}$ until physicochemical analyses. The analyses were performed in duplicate.

174 The analyses of pH, total titratable acidity (TTA), and total soluble solids (TSS) were
175 performed as described by Portela, Almeida, Reis, Hickmann, & Benassi (2022).

176 The pH was measured directly in the beverage (20 mL) using a pHmeter (Mettler
177 Toledo, Barueri, Brazil).

178 TTA was determined by potentiometric titration of beverages (20 mL) with NaOH 0.1
179 mol L⁻¹ until pH 8.2. Results were expressed as mL of NaOH 0.1 mol L⁻¹ in 20 mL of beverage.

180 TSS content was determined by drying the beverages (10 mL) at 105 °C until constant
181 weight in an oven (DeLeo Equipamentos Laboratoriais, Porto Alegre, Brazil). Results were
182 expressed as mg 100 mL⁻¹.

183 For the simultaneous determination of caffeine, trigonelline, and 5-caffeoylquinic acid
184 (5-CQA), each beverage was diluted with water to a concentration of 1.67 mg mL⁻¹ and filtered.
185 The reverse phase UPLC analysis in a Waters Acquity ultra-performance liquid chromatograph
186 (Waters, Milford, USA) was carried out as described by Viencz et al. (2023), using a gradient
187 elution of acetic acid solution and acetonitrile and UV detection.

188 Data were analyzed by ANOVA and Tukey test ($p \leq 0.05$). The Principal Component
189 Analysis (PCA) was applied based on correlation and considering the physicochemical
190 parameters as active variables. Statistica 7.1 package software (Statsoft Inc., Tulsa, USA) was
191 used for both analyses.

192

193 **2.3 Sensory characterization**

194 Descriptive analyses were performed at the sensory analysis laboratory in individual
195 booths under white light; each assessor was assisted individually in private sessions. Before the
196 trials, they were asked to answer a self-administered questionnaire on social-demographic data
197 and consumption habits. The participants (students, professors, and employees of the
198 university) have a high level of education (more than 90% of graduates), with ages ranging
199 from 20 and 60 years old. They were regular coffee consumers; most of them everyday
200 consumers (more than 80%) of beverages prepared with roasted and ground coffee (more than
201 90%). The study was approved by the Human Research Ethics Committee of Universidade
202 Estadual de Londrina, Brazil (Certificate of Ethical Evaluation Presentation
203 42691221.0.0000.5231).

204 Initially, each assessor was familiarized with the most usual sensory attributes found in
205 coffee beverages, using a recognition test for basic tastes and sensations, as described by Portela
206 et al. (2022). They were asked to identify the following aqueous solutions: 1% sucrose (sweet
207 taste), 0.03% citric acid (sour taste), 0.03% caffeine (bitter taste), 0.1% tannic acid (astringent
208 sensation), and mineral water (Crystal, Bauru, Brazil). A later session of familiarization was
209 performed when required.

210 The four beverages were prepared just before each session as described in item 2.1 and
211 stored in thermal bottles for up to 1 h, ensuring a temperature of 70 °C. Approximately 50 mL
212 of beverage was served in 100 mL polystyrene foam cups (Totalplast, Brazil) with plastic lids
213 coded with three random numbers; the order of presentation was randomized among assessors
214 at each session. The assessors were instructed to clean their palate with water and cream cracker
215 biscuits between the samples.

216

217 **2.3.1 Flash Profile**

218 The panel consisted of 18 assessors (5 men and 13 women). Initially, the assessor was
219 introduced to the FP technique and the test procedures. The analysis was performed in a single
220 section for each assessor, lasting approximately 40 min, as described by Kalschne et al. (2019a).

221 The four beverages were simultaneously presented in a randomized order for each
222 assessor. The assessor was asked to record attributes considering the similarities and differences
223 among samples regarding appearance, aroma, taste/texture, and mouthfeel
224 sensations. The assessors were individually assisted in developing their list of attributes (with
225 a correspondent definition for each term) and their personal score sheet. Once again, the set
226 (four samples) was presented, and the assessor ordered the beverages in ascending order of
227 intensity for each attribute.

228 Data were provided as 18 individual matrices (one per assessor) with four lines
229 (samples) and different numbers of columns (attributes), ranging from 6 to 15 attributes
230 depending on the assessor. Data were analyzed by Generalized Procrustes Analysis (GPA)
231 using the XLSTAT 2021.3.1 package software (Addinsoft Inc., New York, USA).

232

233 **2.3.2 Temporal Dominance of Sensations**

234 The panel consisted of 15 assessors (4 men and 11 women).

235 The list of attributes (coffee, roasted, tobacco, chocolate, and fermented flavors; bitter,
236 sour, and sweet tastes) was defined based on previous studies with *C. canephora* (Mori et al.,
237 2018; Portela et al., 2022). The analysis time (45 s) was based on Portela et al. (2022). Data
238 were collected and analyzed using the SensoMaker 1.92 package software (Nunes & Pinheiro,
239 2020).

240 In a preliminary session, each assessor was introduced to the TDS technique, performing
241 a test simulating the procedure to be familiarized with the evaluation process and the software
242 used to collect the data.

243 Three analysis sessions were done on different days. In each session, the four beverages
244 were presented in a monadic and sequential way; the presentation order was randomized for
245 each assessor. The assessors visualized the list of attributes a computer screen and were
246 instructed to select which was the dominant attribute at each moment of the analysis (during 45
247 s); the presentation order of the attributes was randomized for each assessor. They were asked
248 to initiate the test, keeping the coffee in their mouth for 5 s and then swallow it. They were
249 required to select the initial dominant attribute and then select a new dominant attribute each
250 time the perception changed (Pineau et al., 2009).

251 The results for each attribute were expressed as a dominance rate curve, obtained by the
252 ratio between the number of times the attribute was cited as dominant and the possible number
253 of citations (15 assessors and 3 replicates, in a total of 45 responses per beverage). Three
254 parameters of the dominance curve were analyzed: maximum dominance (V_{max}), maximum
255 time (T_{max}), and duration of dominance (D_{max}). V_{max} is defined as the maximum value of
256 the dominance rate, ranging from 0 to 1, with 1 indicating that all assessors considered the
257 attribute dominant at the same time of analysis. T_{max} is defined as the time to reach V_{max}
258 (ranging from 0 to 45 s), and D_{max} , as the duration period for which the dominance rate value
259 is greater than 90% of V_{max} . Considering eight attributes for choice ($p = 1/8$) and the number
260 of responses (45), a chance level of 0.125 and a significance level of 0.222 ($\alpha = 0.05\%$) were
261 used.

262

263 3 RESULTS AND DISCUSSION

264 3.1 Physicochemical characterization

265 The beverages produced with *C. canephora* hybrid coffees presented high TSS (1807 to
266 1962 mg 100 mL⁻¹) and pH (5.30 to 5.65), and TTA from 2.20 to 2.63 mL of NaOH 0.1 mol L⁻¹
267 (Table 1). All values were within the range described for *C. canephora* beverages from
268 Conilon and Robusta varieties or without variety identification: TSS between 1700 and 2539
269 mg 100 mL, pH between 5.32 and 6.44, and TTA between 1.05 and 4.2 mL NaOH 0.1 mol L⁻¹
270 (Kalschne et al., 2019b; Mori et al., 2018; Agnoletti, Oliveira, Pinheiro, & Saraiva, 2019; Mori
271 et al., 2020; Portela, Almeida, Mori, Yamashita, & Benassi, 2021; Portela et al., 2022).

272 Trigonelline (mean content of 50.25 mg 100 mL⁻¹) was the only parameter for which no
273 differentiation was observed. The caffeine content was between 178.47 and 196.45 mg 100 mL⁻¹
274 ¹, and the content of 5-CQA (the main isomer of the CGA group) varied from 66.80 to 98.39
275 mg 100 mL⁻¹ (Table 1). Alkaloids compounds (trigonelline and caffeine) were within the range
276 reported in the literature for *C. canephora* beverages from Conilon and Robusta varieties or

277 without variety identification (from 20.6 to 58 mg of trigonelline 100 mL⁻¹, from 118 to 262 mg
 278 of caffeine 100 mL⁻¹); 5-CQA contents were in the upper range of literature (from 14.6 to 60
 279 mg of 5-CQA 100 mL⁻¹) for *C. canephora* beverages (Kalschne et al., 2019b; Mori et al., 2018;
 280 Mori et al., 2020; Portela et al., 2022).

281

282 **Table 1.** Physicochemical characterization of *C. canephora* coffee brews.

Parameters [†]	Clone BRS 2314		Clone BRS 2357	
	Natural	Fermented	Natural	Fermented
pH	5.42 ^c ± 0.01	5.30 ^d ± 0.02	5.65 ^a ± 0.02	5.47 ^b ± 0.01
TTA [‡]	2.20 ^c ± 0.00	2.63 ^a ± 0.05	2.23 ^{bc} ± 0.10	2.35 ^b ± 0.06
TSS [§]	1962 ^a ± 0.09	1900 ^{ab} ± 0.03	1914 ^{ab} ± 0.07	1807 ^b ± 0.01
Caffeine [§]	196.45 ^a ± 5.20	181.21 ^b ± 0.62	178.47 ^b ± 2.98	184.12 ^b ± 2.33
Trigonelline [§]	48.82 ^a ± 2.54	47.53 ^a ± 2.06	51.82 ^a ± 1.02	52.83 ^a ± 5.42
5-CQA [§]	98.39 ^a ± 3.14	89.47 ^b ± 1.08	66.80 ^d ± 2.16	76.06 ^c ± 1.48

283 Means (duplicate of extraction and analysis, n = 4) ± standard deviation (SD). Means followed by the different
 284 letters in the same line showed a significant difference between brews (Tukey test, p ≤ 0.05).

285 [†]Total titratable acidity (TTA), total soluble solids (TSS), and 5-caffeoylquinic acid (5-CQA).

286 [‡] (mL of NaOH 0.1 mol L⁻¹ for 20 mL of coffee brew).

287 [§] (mg 100 mL⁻¹).

288

289 Principal Component Analysis was used for a global view of beverages' characteristics.
 290 Principal Component 1 (PC 1, accounting for 54.93% of the variance) discriminated the clones
 291 and was positively correlated with 5-CQA and negatively associated with pH and trigonelline.
 292 Principal Component 2 (PC 2, 31.76% of the variance) discriminated natural and fermented
 293 coffees and was positively correlated with TTA and negatively associated with TSS and
 294 caffeine (Figure 2).

295 Beverages produced with clone BRS 2314 differed from those of BRS 2357, showing
 296 higher levels of 5-CQA and caffeine and a tendency towards higher solids content (Table 1,
 297 Figure 2).

298 Similar differentiation between these clones was previously described in a study with
 299 roasted coffees from the 2020 crop (Viencz et al., 2023). The results confirmed the greater
 300 similarity of clone BRS 2314 with characteristics of the Robusta brews compared to beverages
 301 produced with the Conilon botanical variety (Mori et al., 2020; Portela et al., 2021).

302 Coffee brews from both clones showed an increase in TTA and a reduction in pH with
303 fermentation. As for the water-soluble compounds, the effects of the fermentation process
304 depended on the clone (Table 1, Figure 2).

305

306

307

308

309

310

311

312

313

314

315

316

317

318

319

320

321

322

323

324

325

326

327

328

329

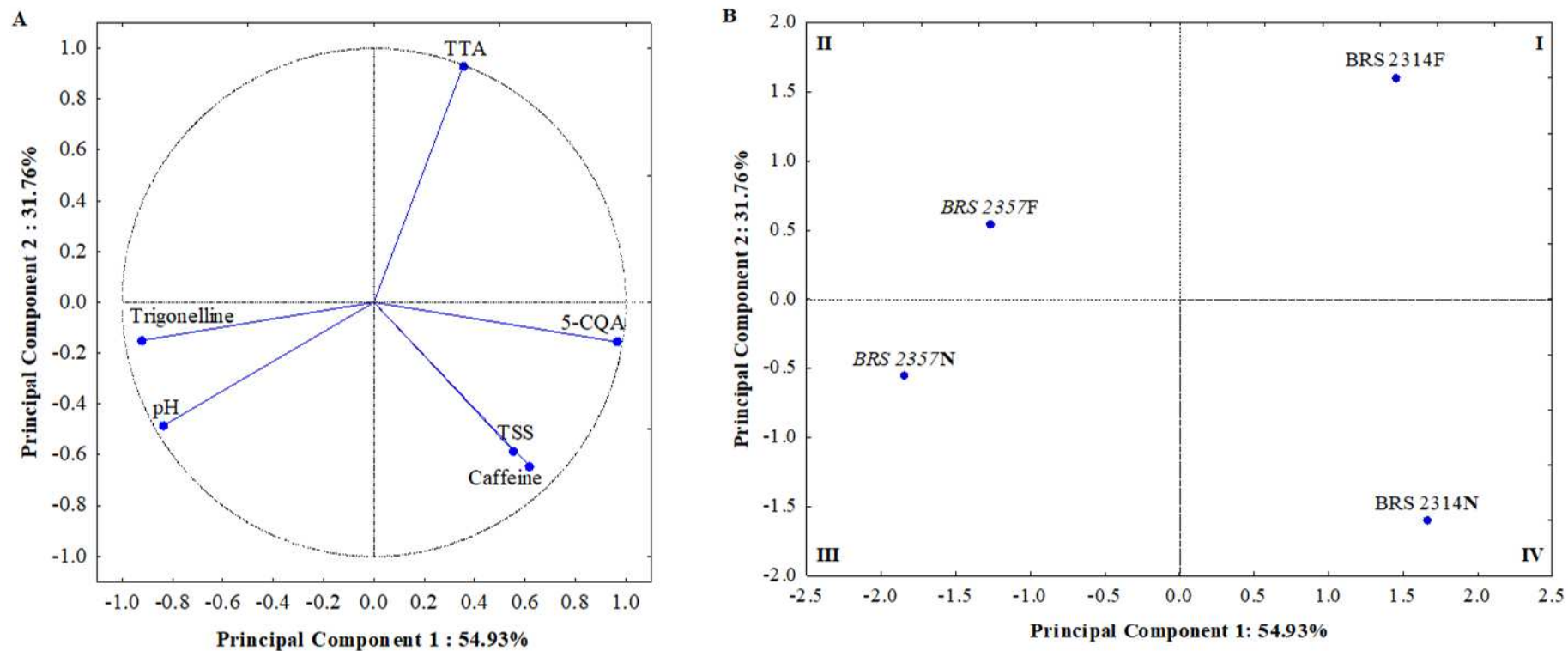
330

331

332

333

334



335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345

Figure 2. Principal Component Analysis (PCA) considering the physicochemical composition of *C. canephora* coffee brews. A) Projection of the variables: pH, total titratable acidity (TTA), total soluble solids (TSS), caffeine, trigonelline, and 5-caffeoylquinic acid (5-CQA). B) Sample plot: Clones BRS 2314 and BRS 2357; N corresponds to natural coffees, F to fermented ones.

346 **3.2 Sensory characterization**

347 **3.2.1 Flash Profile**

348 The two-dimensional solution accounted for 74% of the variance in the sensory
349 description of the *C. canephora* beverages by FP (Figure 3). FP studies with coffee brews
350 described similar values (around 70%) (Kobayashi & Benassi, 2012; Kalschne et al., 2019a).
351 Maximum residual variance by assessor was low (0.52%), also according to the literature values
352 (0.6 to 1%) (Kobayashi & Benassi, 2012; Kalschne et al., 2019a), showing the panel consensus
353 in the description of the beverages.

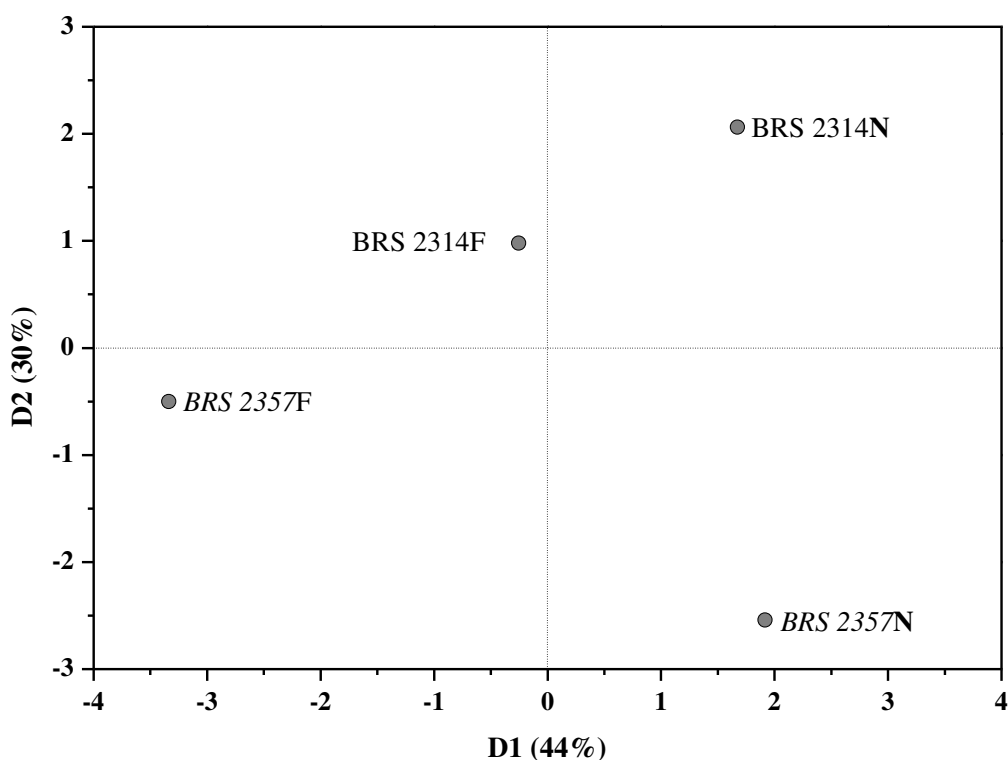
354 In the consensus description, were considered the terms cited by a higher number of
355 assessors and better correlated with Dimensions 1 and 2 of the sample's configuration ($r \geq |0.5|$)
356 for each assessor (detailed in Table S1).

357 There is few information on *C. canephora* roasted coffee brews' characteristics. Seninde
358 et al. (2020) reported higher intensity of bitter taste, bitter aftertaste, and chocolate/dark
359 chocolate aroma, when comparing Robusta to Arabica coffees. Kalschne et al. (2019) described
360 *C. canephora* brews as viscous, with black color and bitter taste, and higher intensity of aroma
361 and flavors associated with the roasting process than the Arabica brews. *C. canephora* is a less
362 usual material for roasted coffee beverages considering consumers' habits and two samples
363 were also submitted to a fermentation process. However, many of the sensory attributes
364 proposed by the panel (such as coffee flavor and bitter and sour tastes) (Table S1) were in
365 common with those reported for Arabica coffee brews (Kitzberger, Scholz, Silva, & Benassi,
366 2011; Kitzberger, Scholz, Silva, Benassi, & Pereira, 2016; Kalschne et al., 2019a; Portela et al.,
367 2022).

368 Dimension 1 (D1, 44% of the variance) discriminated natural coffees (located on the
369 right in the consensus plot) from fermented coffees (Figure 3). This dimension was positively
370 correlated with brown/coffee color, coffee aroma and flavor, roasted aroma and flavor, sweet
371 aromas (sweet aroma, sweet/caramel/cinnamon aroma, cane molasses aroma, sweet vanilla
372 aroma), and sour taste. D1 was negatively correlated with non-characteristic aroma, fermented,
373 and herbal aromas, bitter taste and astringent sensation, full-bodied texture, and bitter aftertaste
374 and other residual flavors (non-characteristic and herbal/medicinal aftertastes) (Table S1).

375 Dimension 2 (D2, 30% explanation) discriminated the clone BRS 2314 beverages
376 (located at the top of the consensus plot) from the clone BRS 2357 beverages (Figure 3). This
377 dimension was positively correlated with coffee aroma, brown/coffee color, and sour taste and
378 negatively associated with bitter taste and bitter aftertaste (Table S1).

379



380
 381 **Figure 3.** Flash Profile (FP) two-dimensional consensus plot for the description of *C.*
 382 *canephora* brews. Clones: BRS 2314 and BRS 2357; N corresponds to natural coffees, F to
 383 fermented ones.
 384

385 Natural coffees were characterized by brown/coffee color, coffee aroma and flavor,
 386 roasted aroma and flavor, sweet aroma, and sour taste. The fermented coffees had a full-bodied
 387 texture, non-characteristic aroma, fermented and herbal aromas, bitter taste, astringent
 388 sensation, and bitter aftertaste and other residual flavors (non-characteristic and
 389 herbal/medicinal aftertastes). The two clones are distinguished by the characteristic bitterness
 390 (taste and aftertaste) of BRS 2357 beverages, observed in both versions: natural and fermented.

391 In the study by Alves et al. (2020), trained assessors used similar descriptors to
 392 characterize Amazonian Robustas beverages: sweet taste and caramel flavor for natural coffees;
 393 bitter taste and herbal flavor for coffee fermented by semi-carbonic maceration (sprouting
 394 process) for 10 and 20 days. In other studies, clone BRS 2314 was pointed out as having a high
 395 potential for the specialty coffee market, characteristic of the Robusta botanical variety, being
 396 described by the experts as having sweet taste, chocolate aroma, and pleasant acidity; the clone
 397 BRS 2357 was considered as having good cup quality and was described by experts as a neutral
 398 beverage with low sweetness and discreet aroma (Teixeira et al., 2020; Morais et al., 2021).

399 It is noteworthy that, in the sensory description by FP, discrimination by the perception
400 of the changes caused by the fermentation process (associated with D1) was more noticed
401 (Figure 3) than that observed when considering the physicochemical characterization (where
402 fermentation was associated with PC 2) (Figure 2).

403

404 **3.2.2 Temporal Dominance of Sensations**

405 The dominance curves obtained by TDS (Figure 4) and the parameters V_{max} , T_{max} ,
406 and D_{max} (Table 2) allowed the comparison of the four beverages using a temporal descriptive
407 approach.

408 Among the attributes studied, only the sweet taste was not perceived as dominant in any
409 of the beverages, despite being up to the chance level for three of them (Table 2). This behavior
410 was already reported for Robusta coffee beverages (Portela et al., 2022) and also for Arabica
411 coffee brews (Barbosa, Francisco, Scholz, Kitzberger, & Benassi, 2019; Reis et al., 2020;
412 Portela et al., 2022).

413 On the other hand, coffee flavor and bitter taste attributes were either perceived as
414 dominant ($V_{max} > 0.222$) or above the chance level ($V_{max} > 0.125$) for all beverages, with the
415 maximum dominance rate value ranging from 0.146 to 0.333 and from 0.190 to 0.276 for coffee
416 flavor and bitter taste, respectively (Table 2).

417 Coffee flavor dominance values for hybrid coffee beverages were similar to that
418 described for Arabica brews (Barbosa et al., 2019; Reis et al., 2020); the time to reach this
419 dominance (T_{max} from 26.3 to 37.5 s, Table 2) was also similar to that reported by Portela et
420 al. (2022) for Arabica and Robusta brews.

421 *C. canephora* beverages are described as having greater bitterness dominance compared
422 to Arabica coffee (Reis et al., 2020; Portela et al., 2022), but a shorter duration of bitterness
423 dominance perception was observed for the natural coffees, notably BRS 2314 (D_{max} 1.7 s,
424 Table 2), compared to the fermented ones (D_{max} 24.2 and 28.2 s, Table 2). Ribeiro et al. (2017)
425 reported dominance of bitter taste for an extended period (5 to 30 s) in Arabica coffee fermented
426 with *Saccharomyces cerevisiae* yeast.

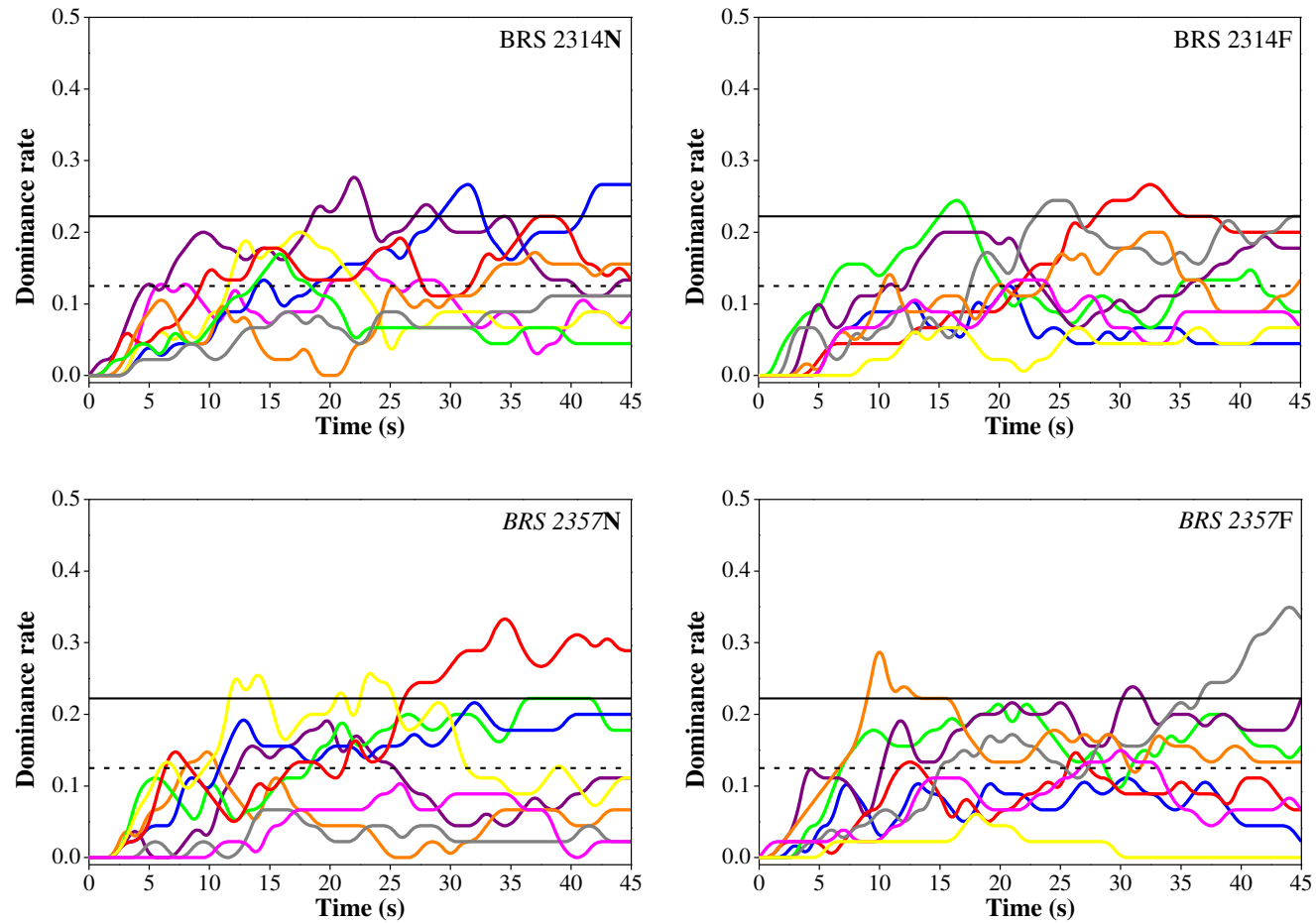
427

428

429

430

431



Attributes: coffee; fermented; tobacco; chocolate and roasted flavors; bitter; sweet and sour tastes.

Lines: - - - - chance level and ——— significance level.

432

433 **Figure 4.** Dominance rate curves for *C. canephora* brews. Clones BRS 2314 and BRS 2357; N corresponds to natural coffees, F to fermented ones.

434 **Table 2.** Parameters from Temporal Dominance of Sensations (TDS) curves of each attribute for *C. canephora* coffee brews.

Parameters [†]	Beverages [‡]	Attribute							
		Coffee	Fermented	Tobacco	Bitter	Chocolate	Roasted	Sweet	Sour
V _{max}	BRS 2314N	0.222	<i>0.169</i>	0.266	0.276	0.111	<i>0.171</i>	<i>0.149</i>	<i>0.200</i>
	BRS 2314F	0.266	0.244	<i>0.125</i>	<i>0.200</i>	0.244	<i>0.200</i>	<i>0.133</i>	0.066
	BRS 2357N	0.333	0.222	<i>0.216</i>	<i>0.190</i>	0.066	<i>0.147</i>	0.103	0.256
	BRS 2357F	<i>0.146</i>	<i>0.214</i>	0.111	0.238	0.349	0.286	<i>0.149</i>	0.060
T _{max} (s)	BRS 2314N	37.5	15.8	31.5	22.0	44.6	37.0	23.0	17.5
	BRS 2314F	32.5	16.5	20.8	15.5	24.5	32.5	21.5	15.5
	BRS 2357N	34.5	36.5	32.0	19.7	14.5	9.80	25.8	23.3
	BRS 2357F	26.3	22.2	30.5	31.0	44.0	10.0	30.0	18.0
D _{max} (s)	BRS 2314N	3.90	1.60	15.1	1.70	7.40	10.7	2.20	6.40
	BRS 2314F	5.20	2.50	1.30	28.8	22.0	3.20	3.70	32.1
	BRS 2357N	10.3	16.0	14.2	2.60	3.20	2.10	1.20	13.3
	BRS 2357F	14.8	23.4	30.4	24.2	2.90	1.10	2.20	1.00

435 [†]n = 45. V_{max}: maximum value for dominance rate. **Bold**: above significance level (0.222, $\alpha = 0.05$). *Italic*: above chance level (0.125). T_{max}: time to reach V_{max}. D_{max}:
436 duration period when dominance rate is higher than $0.9 \times V_{max}$. [‡]Beverages: Clones BRS 2314 and BRS 2357; N corresponds to natural coffees, F to fermented ones.

437
438
439
440
441

442 It is worth noting that, with the fermentation process, coffees from both clones - BRS
443 2314 and BRS 2357 - began to present a chocolate flavor dominance (V_{max} of 0.244 and 0.349,
444 respectively), perceived up from the middle of the test (T_{max} 24.5 and 44 s, respectively),
445 (Table 2). For Arabica coffees submitted to fermentation processes (self-induced or with
446 inoculation of different microorganisms), it had already been reported a perception of the
447 dominance of chocolate/dark chocolate flavor in similar test times (T_{max} 20 to 29 s)
448 (Evangelista et al., 2014; Ribeiro et al., 2017; Ribeiro et al., 2018; Pereira et al., 2022).

449 The fermentation process also had differentiated and specific effects on the dominance
450 profile of each clone.

451 For clone BRS 2314 beverages, which have a dominant bitter taste and tobacco flavor,
452 there was a loss of these dominances and a rise of the dominance of coffee and fermented flavors
453 with the fermentation process (Table 2). The dominance of tobacco flavor was already cited for
454 natural Robusta coffee (Portela et al., 2022), as well as a rise in the dominance of fermented
455 flavor in fermented Arabica coffees (Evangelista et al., 2014).

456 For clone BRS 2357, the fermentation process led to a loss of dominance of sour taste
457 and coffee flavor and a rise of roasted flavor and bitter taste dominance (Table 2). The loss of
458 sour taste dominance and the increase in time of bitterness dominance perception was already
459 reported in Arabica coffee fermentation (Ribeiro et al., 2017). There was no description in the
460 literature of an increase in roasted flavor dominance with the fermentation process. Barbosa et
461 al. (2019) reported that, with the increase in the roasting degree of Arabica coffees, a reduction
462 in sour taste dominance probably led to an increase in the perception of the dominance of bitter
463 taste and roasted flavor.

464 By comparing the beverages set, they could be distinguished by the dominance of the
465 tobacco flavor (BRS 2314N), the fermented flavor (BRS 2314F), the sour taste (BRS 2357N),
466 and the roasted flavor (BRS 2357F). In three of the four evaluated beverages (BRS 2314F, BRS
467 2357N, and BRS 2357F), the attribute perceived first as dominant by the assessors was
468 responsible for their differentiation.

469

470 **4 CONCLUSIONS**

471 *C. canephora* beverages showed an increase in TTA and a reduction in pH with
472 fermentation. The clone BRS 2314 showed higher levels of 5-CQA and caffeine. Natural
473 coffees were described as having brown/coffee color, coffee aroma and flavor, roasted aroma
474 and flavor, sweet aroma, and sour taste; the dominance of coffee and tobacco flavors and bitter

475 and sour tastes also characterized them. Fermented coffees were perceived as having full-
476 bodied texture and astringents, with non-characteristic aroma, fermented, and herbal aromas,
477 bitter taste, bitter aftertaste and other residual flavors (non-characteristic and herbal/medicinal
478 aftertastes); they were characterized by the dominance of chocolate, fermented and roasted
479 flavors, and bitter taste. The BRS 2357 beverages were characterized by bitterness (taste and
480 aftertaste). The BRS 2314N brew, previously highlighted in expert evaluations, was
481 characterized by attributes usually considered positive for beverage quality.

482

483 **ACKNOWLEDGMENTS**

484 The authors acknowledge CAPES, CNPq, and EMBRAPA.

485

486 **FUNDING**

487 This research was funded by Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento
488 Científico e Tecnológico do Paraná (Grant number PBA2022011000040).

489

490 **REFERENCES**

491

492 ABIC. Associação Brasileira da Indústria de Café. (2021). Indicadores da indústria de café.
493 Retrieved February 13, 2023 from [https://estatisticas.abic.com.br/estatisticas/indicadores-da-](https://estatisticas.abic.com.br/estatisticas/indicadores-da-industria/)
494 [industria/](https://estatisticas.abic.com.br/estatisticas/indicadores-da-industria/)

495

496 Agnoletti, B. Z., Oliveira, E. C. S., Pinheiro, P. F., & Saraiva, S. H. (2019). Discrimination of
497 Arabica and Conilon coffee from physicochemical properties allied to chemometrics. *Revista*
498 *Virtual de Química*, *11*, 785–805. doi:10.21577/1984-6835.20190057

499

500 Alves, E. A., Souza, C. A., Rocha, R. B., Pereira, L. L., Lima, P. P., & Lourenço, J. L. R.
501 (2020). Efeito da fermentação sobre qualidade da bebida do café Robusta (*Coffea canephora*)
502 cultivado na Amazônia Ocidental. *Revista Ifes Ciência*, *6*, 159–170.
503 doi:10.36524/ric.v6i3.875

504

505 Barbosa, M. S. G., Francisco, J. S., Scholz, M. B. S., Kitzberger, C. S. G., & Benassi, M. T.
506 (2019). Dynamics of sensory perceptions in Arabica coffee brews with different roasting
507 degrees. *Journal of Culinary Science & Technology*, *17*, 453–464.
508 doi:10.1080/15428052.2018.1489321

509

510 Bressani, A. P. P., Martinez, S. J., Batista, N. N., Simão, J. B. P., & Schwan, R. F. (2021).
511 Into the minds of coffee consumers: Perception, preference, and impact of information in the
512 sensory analysis of specialty coffee. *Food Science and Technology*, *41*, 667–675.
513 doi:10.1590/fst.30720

514

515 Cassimiro, D. M. J., Batista, N. N., Fonseca, H. C., Naves, J. A. O., Coelho, J. M., Bernardes,
516 P. C., Dias, D. R., & Schwan, R. F. (2023). Wet fermentation of *Coffea canephora* by lactic

- 517 acid bacteria and yeasts using the self-induced anaerobic fermentation (SIAF) method
518 enhances the coffee quality. *Food Microbiology*, *110*, 104161. doi:10.1016/j.fm.2022.104161
519
- 520 CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. (2013). Acompanhamento da safra
521 brasileira: café. Retrieved February 13, 2023 from [https://www.conab.gov.br/info-](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe/item/1605-4-levantamento-cafe-safra-2013)
522 [agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe/item/1605-4-levantamento-cafe-safra-2013](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe/item/1605-4-levantamento-cafe-safra-2013)
523
- 524 CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. (2022). Acompanhamento da safra
525 brasileira: café. Retrieved February 13, 2023 from [https://www.conab.gov.br/info-](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe/item/19567-4-levantamento-de-cafe-safra-2022)
526 [agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe/item/19567-4-levantamento-de-cafe-safra-2022](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe/item/19567-4-levantamento-de-cafe-safra-2022)
527
- 528 CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. (2023). Acompanhamento da safra
529 brasileira: café. Retrieved May 31, 2023 from [https://www.conab.gov.br/info-](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe/item/20652-2-levantamento-de-cafe-safra-2023)
530 [agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe/item/20652-2-levantamento-de-cafe-safra-2023](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe/item/20652-2-levantamento-de-cafe-safra-2023)
531
- 532 Evangelista, S. R., Silva, C. F., Miguel, M. G. P. C., Cordeiro, C. S., Pinheiro, A. C. M.,
533 Duarte, W. F., & Schwan, R. F. (2014). Improvement of coffee beverage quality by using
534 selected yeasts strains during the fermentation in dry process. *Food Research International*,
535 *61*, 183–195. doi:10.1016/j.foodres.2013.11.033
536
- 537 Ferrão, R. G., Ferrão, M. A. G., Volpi, P. S., Fonseca, A. F. A., Filho, A. C. V., Comério, M.
538 (2020). Cultivares de cafés Conilon e Robusta. *Informe Agropecuário. Cafés Conilon e*
539 *Robusta: potencialidades e desafios*, *41*, 17-25.
540
- 541 Giacalone, D., Fosgaard, T. R., Steen, I., & Münchow, M. (2016). “Quality does not sell
542 itself”: Divergence between “objective” product quality and preference for coffee in naïve
543 consumers. *British Food Journal*, *118*, 2462–2474. doi:10.1108/BFJ-03-2016-0127
544
- 545 Kalschne, D. L., Viegas, M. C., De Conti, A. J., Corso, M. P., & Benassi, M. T. (2019a).
546 Effect of steam treatment on the profile of bioactive compounds and antioxidant activity of
547 defective roasted coffee (*Coffea canephora*). *LWT*, *99*, 364–370.
548 doi:10.1016/j.lwt.2018.09.080
549
- 550 Kalschne, D. L., Biasuz, T., De Conti, A. J., Viegas, M. C., Corso, M. P., & Benassi, M. T.
551 (2019b). Sensory characterization and acceptance of coffee brews of *C. arabica* and *C.*
552 *canephora* blended with steamed defective coffee. *Food Research International*, *124*, 234–
553 238. doi:10.1016/j.foodres.2018.03.038
554
- 555 Kitzberger, C. S. G., Scholz, M. B. D. S., Silva, J. B. G. D., & Benassi, M. T. (2011).
556 Caracterização sensorial de cafés Arábica de diferentes cultivares produzidos nas mesmas
557 condições edafoclimáticas. *Brazilian Journal of Food Technology*, *14*, 39–48.
558 doi:10.4260/BJFT201114E000105
559
- 560 Kitzberger, C. S. G., Scholz, M. B. S., Silva, J. B. G. D., Benassi, M. T., & Pereira, L. F. P.
561 (2016). Free choice profiling sensory analysis to discriminate coffees. *AIMS Agriculture and*
562 *Food*, *1*(4), 455–469. doi:10.3934/agrfood.2016.4.455
563
- 564 Kobayashi, M. L., & Benassi, M. T. (2012). Caracterização sensorial de cafés solúveis
565 comerciais por Perfil Flash. *Semina: Ciências Agrárias*, *33*, 3069–3074. doi:10.5433/1679-
566 0359.2012v33Supl2p3081

- 567 Lingle, T. R., & Menon, S. N. (2017). Cupping and Grading – Discovering character and
568 quality. In B. Folmer (Ed.), *The Craft and Science of Coffee*. Cambridge: Academic Press.
569
- 570 Mestdagh, F., Glabasnia, A., & Giuliano, P. (2017) The Brew—Extracting for Excellence. In:
571 B. Folmer (Ed.). *The Craft and Science of Coffee*. London: Academic Press.
572
- 573 Morais, J. A., Rocha, R. B., Alves, E. A., Espindula, M. C., Teixeira, A. L., & Souza, C. A.
574 (2021). Beverage quality of *Coffea canephora* genotypes in the western Amazon, Brazil. *Acta*
575 *Scientiarum. Agronomy*, 43, e52095. doi:10.4025/actasciagron.v43i1.52095
576
- 577 Mori, A. L. B., Garcia, A. O., Ferrão, M. A. G., Fonseca, A. F. A., Ferrão, R. G., & Benassi,
578 M. T. (2018). Sensory profile of Conilon coffee brews from the state of Espírito Santo, Brazil.
579 *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 53, 1061–1069. doi:10.1590/s0100-204x2018000900010
580
- 581 Mori, A. L. B., Viegas, M. C., Ferrão, M. A. G., Fonseca, A. F., Ferrão, R. G., & Benassi, M.
582 T. (2020). Coffee brews composition from *Coffea canephora* cultivars with different fruit-
583 ripening seasons. *British Food Journal*, 122, 827–840. doi:10.1108/BFJ-03-2019-0203
584
- 585 Nunes, C. A., & Pinheiro, A. C. M. (2020). *SensoMaker. Versão 1.92*. Lavras: Universidade
586 Federal de Lavras. Retrieved from <https://www.ufla.br/sensomaker/>
587
- 588 Pereira, L. L.; Gomes, W. S.; Guerra, A. C. M.; Caon, B. L.; & Partelli, F. L. (2021).
589 Fermentação, reflexos na cafeicultura. In: F. L. Partelli, & L. L. Pereira (Eds.). *Café Conilon:*
590 *Conilon e Robusta no Brasil e no Mundo*. Alegre: CAUFES.
591
- 592 Pereira, L. L., Moreli, A. P., Brioschi Júnior, D., Sousa, L. H. B. P., Marcate, J. P. P.,
593 Oliveira, G. F., Debona, D. G., & Guarçoni, R. C. (2019). Construção de perfil sensorial para
594 o café Conilon fermentado. *Revista Ifes Ciência*, 5, 242–252. doi:10.36524/ric.v5i2.461
595
- 596 Pereira, T. S., Batista, N. N., Pimenta, L. P. S., Martinez, S. J., Ribeiro, L. S., Naves, J. A. O.,
597 & Schwan, R. F. (2022). Self-induced anaerobiosis coffee fermentation: Impact on microbial
598 communities, chemical composition and sensory quality of coffee. *Food Microbiology*, 103,
599 103962. doi:10.1016/j.fm.2021.103962
600
- 601 Pineau, N., Schlich, P., Cordelle, S., Mathonnière, C., Issanchou, S., Imbert, A., Rogeaux, M.,
602 Etiévant, P., & Köster, E. (2009). Temporal Dominance of Sensations: Construction of the
603 TDS curves and comparison with time–intensity. *Food Quality and Preference*, 20, 450–455.
604 doi:10.1016/j.foodqual.2009.04.005
605
- 606 Portela, C. S., Almeida, I. F., Mori, A. L. B., Yamashita, F., & Benassi, M. T. (2021).
607 Brewing conditions impact on the composition and characteristics of cold brew Arabica and
608 Robusta coffee beverages. *LWT*, 143, 111090. doi:10.1016/j.lwt.2021.111090
609
- 610 Portela, C. S., Almeida, I. F., Reis, T. A. D., Hickmann, B. R. B., & Benassi, M. T. (2022).
611 Effects of brewing conditions and coffee species on the physicochemical characteristics,
612 preference and dynamics of sensory attributes perception in cold brews. *Food Research*
613 *International*, 151, 110860. doi:10.1016/j.foodres.2021.110860
614
- 615 Reis, T. A. D., De Conti, A. J., Mori, A. L. B., & Benassi, M. T. (2020). Sensory description
616 of instant coffee brews with *Coffea canephora* steamed defective beans. In: D. L. Kalschne,

- 617 M. P. Corso, & R. C. E. Dias (Eds.). *Innovations in Coffee Quality*. Nova York: Nova Science
618 Publisher.
619
- 620 Ribeiro, L. S., Evangelista, S. R., Miguel, M. G. C. P., van Mullem, J., Silva, C. F., &
621 Schwan, R. F. (2018). Microbiological and chemical-sensory characteristics of three coffee
622 varieties processed by wet fermentation. *Annals of Microbiology*, *68*, 705–716.
623 doi:10.1007/s13213-018-1377-4
624
- 625 Ribeiro, L. S., Ribeiro, D. E., Evangelista, S. R., Miguel, M. G. C. P., Pinheiro, A. C. M.,
626 Borém, F. M., & Schwan, R. F. (2017). Controlled fermentation of semi-dry coffee (*Coffea*
627 *arabica*) using starter cultures: A sensory perspective. *LWT - Food Science and Technology*,
628 *82*, 32–38. doi:10.1016/j.lwt.2017.04.008
629
- 630 Rocha, R. B., Teixeira, A. L., Ramalho, A. R., Espindula, M. C., Lunz, A. M. P., & Souza, F.
631 D. F. (2021). *Coffea canephora* breeding: Estimated and achieved gains from selection in the
632 Western Amazon, Brazil. *Ciência Rural*, *51*, e20200713. doi:10.1590/0103-8478cr20200713
633
- 634 SCAA. Specialty Coffee Association of America. (2020). Beyond Coffea Arabica:
635 Opportunities for Specialty Coffee with *Coffea canephora*. Retrieved February 13, 2023
636 from: [https://sca.coffee/sca-news/read/beyond-coffee-arabica-opportunities-for-specialty-](https://sca.coffee/sca-news/read/beyond-coffee-arabica-opportunities-for-specialty-coffee-with-coffee-canephora)
637 [coffee-with-coffee-canephora](https://sca.coffee/sca-news/read/beyond-coffee-arabica-opportunities-for-specialty-coffee-with-coffee-canephora).
638
- 639 Seninde, D. R., Chambers, E., & Chambers, D. (2020). Determining the impact of roasting
640 degree, coffee to water ratio and brewing method on the sensory characteristics of cold brew
641 Ugandan coffee. *Food Research International*, *137*, 109667.
642 doi:10.1016/j.foodres.2020.109667
643
- 644 Silva, C., Batista, L., Abreu, L., Dias, E., & Schwan, R. (2008). Succession of bacterial and
645 fungal communities during natural coffee (*Coffea arabica*) fermentation. *Food Microbiology*,
646 *25*, 951–957. doi:10.1016/j.fm.2008.07.003
647
- 648 Souza, C. A., Alves, E. A., Rocha, R. B.; Espindula, M. C., & Teixeira, A. L. (2021). Perfis
649 sensoriais dos cafeeiros cultivados na Amazônia Ocidental. In: F. L. Partelli, & L. L. Pereira
650 (Eds.). *Café Conilon: Conilon e Robusta no Brasil e no Mundo*. Alegre: CAUFES.
651
- 652 Teixeira, A. L., Rocha, R. B., Espindula, M. C., Ramalho, A. R., Vieira Júnior, J. R., Alves,
653 E. A., Lunz, A. M. P., Souza, F. F., Costa, J. N. M., & Fernandes, C. F. (2020). Amazonian
654 Robustas - New *Coffea canephora* coffee cultivars for the Western Brazilian Amazon. *Crop*
655 *Breeding and Applied Biotechnology*, *20*, e323420318. doi:10.1590/1984-
656 70332020v20n3c53
657
- 658 UCDA. Uganda Coffee Development Authority. (2010). Robusta cupping protocols. PSCB
659 123/10. Retrieved February 13, 2023 from: [http://dev.ico.org/documents/pscb-123-p-](http://dev.ico.org/documents/pscb-123-p-robusta.pdf)
660 [robusta.pdf](http://dev.ico.org/documents/pscb-123-p-robusta.pdf)
661
- 662 Viencz, T., Acre, L. B., Rocha, R. B., Alves, E. A., Ramalho, A. R., & Benassi, M. T. (2023).
663 Caffeine, trigonelline, chlorogenic acids, melanoidins, and diterpenes contents of *Coffea*
664 *canephora* coffees produced in the Amazon. *Journal of Food Composition and Analysis*, *117*,
665 105140. doi:10.1016/j.jfca.2023.105140
666

667 **SUPPLEMENTARY MATERIAL**

668

669 **Table S1.** Attributes best correlated ($r \geq |0.5|$) with Dimensions 1 and 2 of each assessor in the
670 Flash Profile (FP).

Assessor	Dimension 1	Dimension 2
1	Brown color (0.50); brightness (0.91); sour aroma (-0.61); coffee flavor (0.74).	Sour aroma (0.52); full-bodied (-0.99); astringent sensation (0.59).
2	Fruity aroma (-0.94); tobacco/leather aroma (0.91); roasted flavor (0.68); full-bodied (0.91).	Color (0.85); texture/body (in the cup) (0.85); roasted flavor (0.73); bitter taste (0.99); sour taste (0.85); residual astringency (0.85); sweet taste (-0.99).
3	Viscosity (-0.94); roasted aroma (-0.94); fermented aroma (-0.68); sour taste (-0.74).	Brown color (-0.80); coffee aroma (0.85); fermented aroma (-0.73); bitter taste (-0.80); roasted aftertaste (-0.80).
4	Brown color (0.94); coffee aroma (0.68); bitter taste (-0.50); astringent sensation (-0.68); residual astringency (-0.68); coffee flavor (0.68).	Coffee aroma (0.73); astringent sensation (-0.73); residual astringency (-0.73); viscosity (0.59); coffee flavor (0.73).
5	Characteristic coffee aroma (-0.59); fruity aroma (-0.61); roasted aroma (0.61); roasted flavor (0.61); full-bodied (0.50).	Brown color (0.99); fruity aroma (0.52); roasted aroma (-0.52); roasted flavor (-0.52); bitter taste (-0.59); sweet taste (0.85); bitter aftertaste (-0.59); oil (in the surface) (0.99).
6	Chocolate aroma (0.94); coffee aroma (0.74); bitter taste (-0.61); sour taste (0.94); astringent sensation (-0.91); full-bodied (0.59).	Honey/caramel aroma (0.80); bitter taste (0.52).
7	Viscosity (-0.68); coffee aroma (0.68); non-characteristic aftertaste (-0.59); characteristic coffee flavor (0.59).	Coffee color (0.80); Viscosity (-0.73); coffee aroma (0.73).
8	Roasted aroma (0.74); green aroma (-0.74); brown color (0.94); oil (in the surface) (0.91); bitter taste (0.94); astringent sensation (-0.94); roasted flavor (0.94); medicinal flavor (-0.94); characteristic coffee flavor (0.94); green flavor (-0.94); full-bodied (0.94); roasted aftertaste (0.94); medicinal aftertaste (-0.94).	Sour taste (0.85)
9	Brown color (-0.74); Watery (0.74); alcoholic flavor (0.74); bitter taste (0.59); residual astringency (0.68); alcoholic aroma (0.68); astringent sensation (0.74); sour taste (0.50).	Sweet taste (-0.99); residual astringency (0.73); alcoholic aroma (0.73).
10	Non-characteristic aroma (-0.94); characteristic coffee aroma (0.91); brown color (0.68); residue of coffee powder (-0.50); bitter aftertaste (-0.74); oil (in the surface) (0.91).	Brown color (0.73); bitter taste (-0.85); full-bodied (0.80).
11	Coffee straw aroma (-0.59); chesnut aroma (-0.50); cane molasses aroma (0.91); sour aftertaste (-0.59); coffee straw flavor (-0.59).	Bitter taste (0.80); chocolate aroma (-0.85); bitter aftertaste (-0.85); sweet aftertaste (0.80).
12	Coffee aroma (0.94); fermented aroma (-0.61); fruity aroma (0.68); tobacco aroma (-0.68); characteristic coffee flavor (0.94); fruity flavor (0.68); tobacco flavor (-0.91).	Fermented aroma (0.52); fruity aroma (0.73); tobacco aroma (-0.73); bitter taste (-0.99); sour taste (0.85); fermented flavor (0.85); fruity flavor (0.73); bitter aftertaste (-0.85); watery (0.80); brown color (-0.85); residue of coffee powder (-0.99); oil (in the surface) (0.85).
13	Fermented aroma (-0.61); bitter aroma (0.61); bitter aftertaste (-0.50).	Sweet aroma (0.99); fermented aroma (0.52); bitter aroma (-0.52); bitter taste (-0.59); sour taste (0.59); brightness (-0.59).

14	Brown color (0.68); coffee aroma (0.50); non-characteristic aroma (-0.50); bitter taste (-0.74); watery (-0.50).	Brown color (0.73)
15	Coffee aroma (0.94); non-characteristic/strange aroma (-0.94); oil (in the surface) (0.68); burnt coffee flavor (0.91); coffee flavor (0.91); full-bodied (-0.59); bitter aftertaste (-0.50).	Oil (in the surface) (0.73); plastic flavor (-0.59).
16	Tobacco aroma (-0.91); fruity aroma (0.91); color (in the cup) (0.68); tobacco flavor (-0.68); green coffee flavor (0.74); bitter taste (-0.91); sour taste (0.50); full-bodied (-0.50).	Color (in the cup) (0.73); tobacco flavor (-0.73); bitter aftertaste (0.80).
17	Herbal aroma (-0.94); sweet aroma (0.94); coffee color (0.61); watery (in the cup) (-0.61); astringent sensation (0.94); bitter taste (-0.94); cooked flavor (0.94); full-bodied (in the mouth) (-0.94); honey aftertaste (0.91); herbal aftertaste (-0.94).	Coffee color (-0.52); watery (in the cup) (0.52); burnt aftertaste (-0.99).
18	Brown color (-0.74); sweet/caramel/cinnamon aroma (0.91); pungent/irritating/solvent aroma (-0.91); sweet vanilla aroma (0.94); bitter taste related to coffee (-0.59); bitter taste related to medicine (-0.94); bitter aftertaste (0.61); medicinal aftertaste (-0.94); full-bodied (-0.74).	Bitter aftertaste (-0.52).

671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696

**CAPÍTULO 4: SENSORY CHARACTERIZATION AND ACCEPTANCE OF
AMAZONIAN ROBUSTAS COFFEE BREWS BY CONSUMERS USING HOME-
USE TEST**

34 **Keywords:** BRS 2314, BRS 2357, *Coffea canephora*, Fermented coffee, Natural coffee,
35 Internal Preference Mapping, CATA.

36

37 **Implications for gastronomy:** The results are relevant for the coffee production chain and for
38 the gastronomy field. Consumed worldwide, coffee is a matrix rich in bioactive compounds
39 (such as caffeine, trigonelline, chlorogenic acids, and diterpenes), and the regular and moderate
40 consumption of coffee brew guarantees many health benefits, such as a reduction in the
41 incidence of some diseases (coronary diseases, diabetes mellitus, some types of cancer,
42 Parkinson's, and Alzheimer's), improvement in cognitive performance, and it favors the
43 intestinal microbiota. Nowadays, coffee consumption tends to exceed production, being
44 important to find alternatives to share the demand with the more used material (*Coffea arabica*),
45 thus continuing to meet the consumer demand for this healthy and much-appreciated product.
46 Commercialized as an undifferentiated commodity for many years, *Coffea canephora* coffee
47 has been breaking paradigms since the recognition of its quality, being characterized with a
48 higher bioactive content and a higher productivity and resilience against climate change
49 compared to *C. arabica*. The Western Amazon has been proving to be a standing-out local for
50 *C. canephora* production. The Amazonian Robustas cultivar has a high degree of adaptability
51 to the conditions of this region, resulting in specific characteristics that allowed it to achieve
52 the first worldwide Geographical Indication for the species. Another important point is that all
53 rural properties in the Amazon Biome region are required to preserve the native vegetation,
54 leading to sustainable production with much more potential for global commercialization. Thus,
55 knowing the consumer's view about this material will allow for a more appropriate use by coffee
56 industries and gastronomy professionals.

57

58 **1 Introduction**

59 Coffee is one of the most popular beverages worldwide. The world's coffee production
60 is expressive, estimated at 171.3 million bags of 60 kg for the coffee year of 2022/23; however,
61 the beverage consumption has been increasing faster by around 2% annually (International
62 Coffee Organization, 2023). The International Coffee Organization estimates that, in 2023,
63 consumption will exceed production by 7.3 million bags (International Coffee Organization,
64 2023), so it is important to consider alternatives to the current marketing scenario to ensure
65 coffee availability to industry, coffee shops, and consumers. Besides the *Coffea arabica*
66 species, traditionally more consumed and valued, the *Coffea canephora* coffee has been
67 standing out for its higher productivity and resilience against climate change, and recently, this
68 species has been recognized as having potential for specialty coffees (Specialty Coffee
69 Association of America, 2020). Nevertheless, over the years, *C. canephora* has been treated as
70 a low-quality commodity, and its use was restricted to soluble coffee production or blended
71 with *C. arabica* for roasted and ground coffee. Therefore, the regular consumer is not familiar
72 with roasted coffee beverages produced with *C. canephora*.

73 Brazil is the leading coffee producer and exporter and the second-world consumer, with
74 more than 30 producing regions; the country is also the second-largest producer of *C.*

75 *canephora* (18.2 million bags of 60 kg in 2023) (Companhia Nacional de Abastecimento,
76 2023a). Studies about the *C. canephora* breeding have contributed to an improvement of
77 agronomic parameters and beverage quality (Teixeira et al., 2020; Morais et al., 2021). In
78 Brazil, the coffee region in the state of Rondônia, in the Western Amazon, draws attention not
79 only for their production volume but also for the use of new technologies in an area
80 characterized by family farming and with great prospects for sustainable production. In 20
81 years, Rondônia had a 75% reduction in coffee plantation area but recorded a 64% increase in
82 production and a 518% increase in productivity, mainly for the introduction of new techniques
83 and coffee varieties (Companhia Nacional de Abastecimento, 2023b). Furthermore, in 2021,
84 the region “Matas de Rondônia” achieved the first worldwide Geographical Indication for *C.*
85 *canephora* (Ministério das Relações Exteriores, 2021).

86 We highlight the recent launch of the cultivar Amazonian Robustas – composed of 10
87 clones of *C. canephora* intervarietal hybrids of Conilon and Robusta – with a high degree of
88 adaptability to the conditions of the “Matas de Rondônia” region (Teixeira et al., 2020). Besides
89 the high productivity (over 60 bags ha⁻¹) and resistance to coffee leaf rust and root-knot
90 nematode, Amazonian Robustas presented good beverage quality (> 70 points) with ratings
91 ranging from commercial good to special, according to Fine Robusta Cupping (Uganda Coffee
92 Development Authority, 2010; Teixeira et al., 2020). In addition to the contributions of
93 genetics, growing site, management, and harvest practices on the cup quality, the post-harvest
94 fermentation of Amazonian Robusta coffees have already been used to produce unique
95 beverages that are characterized by experts as presenting different nuances and offering more
96 diversified coffees (Alves et al. al., 2020; Souza et al., 2021).

97 Nonetheless, it is recognized that the characterization and cup quality evaluation by
98 experts does not always correspond to the consumers opinions (Giacalone et al., 2016). Bressani
99 et al. (2021) proposed the joint use of the sensory acceptance test and the Check-All-That-Apply
100 (CATA) method to obtain a closer representation of consumers’ insights about coffee brews.

101 The most realistic situation for evaluating acceptance is testing a product under normal
102 conditions at home, representing the latest trend in consumer tests. The home-use test provides
103 participants with their first opportunity to actively prepare and serve the item as a normal part
104 of the daily routine and to form an opinion based on the consumption; these tests can be more
105 costly and time-consuming than lab scale evaluations but offer tremendous advantages
106 regarding data validity. The primary concern in a home-use test is measuring the overall product
107 acceptability; however, as more time is available to complete the scoresheet, more information

108 can be collected regarding the consumers perception (Stone and Sidel, 2004; Lawless and
109 Heymann, 2010).

110 In a previous study of our research group with Amazonian Robustas, Viencz et al.
111 (2023a) described the sensory profile and the dominant attributes of intervarietal hybrid coffee
112 beverages using the methodologies of Flash Profile and Temporal Dominance of Sensations.
113 Two genotypes (clones BRS 2314 and BRS 2357) – that presented differences in their
114 phenotypic and genotypic characteristics – were studied in their natural and fermented versions.
115 The methodologies employed allowed us to discriminate both the genetics and the presence of
116 the fermentation process, and specific characteristics were described for each beverage.
117 Conversely, it is not known if the consumer would perceive these characteristics in a similar
118 way when preparing the beverages at home or even if these differences would impact the
119 acceptance of the product.

120 Considering these remarks, this study aimed to evaluate the acceptance and sensory
121 characterization of beverages of the intervarietal hybrids clones BRS 2314 and BRS 2357 (in
122 natural and fermented versions) produced in the Western Amazon as perceived by the
123 consumers, based on a home-use test of acceptance and on the CATA method.

124

125 **2 Material and Methods**

126 *2.1 Material*

127 *C. canephora* clonal coffees, intervarietal hybrids of Conilon and Robusta varieties
128 from cultivar Amazonian Robustas were provided by Embrapa Rondônia (Porto Velho,
129 Rondônia, Brazil). The coffee fruits were harvested in the 2021 crop at the cherry stage, at the
130 experimental field of Ouro Preto do Oeste/RO (10°43'55.3"S and 62°15'23.2"W, and 245 m of
131 altitude).

132 Two hybrid clones - BRS 2314 and BRS 2357- were selected for this study. They
133 presented differences regarding agronomical (Espindula et al., 2019; Teixeira et al., 2020),
134 compositional (Viencz et al., 2023b), and sensory characteristics (Viencz et al., 2023a).
135 Beverages produced from the studied material had their characteristics described by experts
136 (cup quality and sensory attributes/notes); information is available in Appendix A.1.

137 All coffee fruits were washed to remove impurities and defects. One part of the fruits
138 of each coffee cultivar was naturally dried (traditional processing), and another part was
139 anaerobically fermented for 15 days and then dried (fermented processing). The green beans
140 were sieved (sieve 15 and larger) and stored in paper packaging.

141 For the roasting process, a Probatino roaster (Probat Leogap, Curitiba, Brazil) was used
142 under the following conditions: initial temperature of 150 °C, final temperature of 200 °C, and
143 duration of approximately 11 min. The roasting degree was monitored by color and
144 standardized between Agtron #65 and #55, with an average weight loss of 14%. The roasted
145 coffees were ground in a Bunn coffee Mill grinder G3A (Bunn-O-Matic Corporation,
146 Springfield, USA) to a medium granulometry, adequate for the preparation method (French
147 press).

148 More information on the experimental field characteristics, harvest and post-harvesting
149 procedures, as well as roasting and grinding conditions are available in Viencz et al. (2023a).

150 Analyses of color and moisture were carried out on ground coffees (in triplicate and
151 duplicate determinations, respectively). The coffees had a medium-light roast, with a lightness
152 of 35 ± 2 and a hue of 63 ± 2 . Moisture was determined at 105 °C for 7 min, and an average
153 value of $3.5 \pm 0.3 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ was observed; the results were used to calculate concentrations of
154 the components on a dry weight basis (db).

155 For each sample, one part of the ground coffee was packed in plastic bags and kept
156 refrigerated (8 °C) until the analysis of the chemical composition. The other part was packed in
157 laminated bags hermetically closed with a sealer (R. Baião Indústria e Comércio Ltda, Ubá,
158 Brazil) and included in each kit for the evaluation at home (described in item 2.3).

159

160 *2.2 Chemical composition of the ground and roasted coffee*

161 All analyses were performed with a duplicate of extraction and a duplicate of analysis;
162 the content of the compounds was expressed as $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$.

163 The following reagents, solvents, and materials were used: acetonitrile, HPLC grade
164 (Merck, Darmstadt, Germany); acetic acid (purity $\geq 99.8\%$, Anidrol, Diadema, Brazil); ethanol,
165 96% analytical grade (Êxodo Científica, Hortolândia, Brazil); potassium hydroxide, 85%
166 analytical grade (Panreac, Barcelona, Spain); methyl *tert*-butyl ether, HPLC grade (Acrós
167 Organics, Morris Plains, USA); 0.22 μm nylon syringe filters, 0.45 μm nylon membranes
168 (Filtrilo, Colombo, Brazil) and 0.40 μm qualitative filter paper. The water was obtained with
169 an Elga Purelab Option-Q purification and filtration system (Veolia Water Solutions &
170 Technologies, High Wycombe, UK).

171 The following chromatographic standards were used: caffeine, trigonelline, 5-
172 caffeoylquinic acid (5-CQA), and 16-*O*-methylcafestol (16-OMC) (Aldrich, Saint Louis, USA),
173 kahweol and cafestol (Axxora, San Diego, USA). Spherisorb ODS-1 column (150 x 4,6 mm, 3

174 μm ; Waters, Milford, USA) was used in the analysis of water-soluble compounds, and
175 Supelcosil LC-18 column (150 x 3 mm, 3 μm ; Supelco Park, Bellefonte, USA), in the diterpenes
176 analysis.

177 Chromatographic analyses were performed in a Waters Acquity ultra-performance
178 liquid chromatograph (Waters, Milford, USA), equipped with an automatic sample injector,
179 quaternary solvent pumping system, column heater/cooler module, and a diode array detector,
180 all of which were conducted by the Empower 3 software.

181

182 *2.2.1 Water-soluble compounds analysis*

183 The aqueous extract preparation and the simultaneous determination of caffeine,
184 trigonelline, and chlorogenic acids were performed as described by Viencz et al. (2023b).
185 Samples (0.5 g) were extracted with 30 mL of water at 80 °C for 10 min, filtered, and diluted
186 with water (10:90 v/v). For UPLC analysis, the mobile phase consisted of acetic acid:water
187 (5:95 v/v) (A) and acetonitrile (B), with the following gradient elution: 0 to 5 min 5% of B, 6
188 min 13% of B, and 25 min 13% of B; with a flow rate of 0.5 mL min⁻¹ and injection volume of
189 10 μL . Detection was set at 260 nm for trigonelline, 272 nm for caffeine, and 320 nm for
190 chlorogenic acids. Identification was based on retention times and UV spectra. Quantification
191 was carried out by external standardization using 6-point analytical curves, with triplicate
192 measurements, in the following ranges: 10 to 60 $\mu\text{g mL}^{-1}$ for caffeine, 1 to 30 $\mu\text{g mL}^{-1}$ for
193 trigonelline, and 1 to 60 $\mu\text{g mL}^{-1}$ for 5-CQA. The total chlorogenic acids (CGA) content was
194 estimated by the sum of the areas of compounds detected at 320 nm, using 5-CQA as a standard
195 for quantification.

196

197 *2.2.2 Diterpenes analysis*

198 The extraction procedures and the simultaneous determination of kahweol, cafestol, and
199 16-OMC were performed as described by Viencz et al. (2023b). Samples (0.2 g) were hot
200 saponified and extracted with methyl *tert*-butyl ether.

201 Isocratic elution with water:acetonitrile (45:55 v/v) at a flow rate of 0.7 mL min⁻¹ and
202 injection volume of 3 μL were applied in UPLC analysis. The detection was set at 230 nm for
203 cafestol and 16-OMC and 290 nm for kahweol. Identification of compounds was based on
204 retention times and UV spectra. Quantification was carried out by external standardization
205 using 6-point analytical curves, with triplicate measurements, in the following ranges: 1 to 200

206 $\mu\text{g mL}^{-1}$ for kahweol, 50 to 300 $\mu\text{g mL}^{-1}$ for cafestol, and 2 to 400 $\mu\text{g mL}^{-1}$ for 16-OMC. The
207 total diterpenes content was obtained by the sum of contents of kahweol, cafestol, and 16-OMC.

208

209 *2.3 Sensory analysis of coffee brews*

210 *2.3.1 Sensory acceptance*

211 This study was approved by the Human Research Ethics Committee of Universidade
212 Estadual de Londrina, Brazil (Certificate of Presentation for Ethical Consideration
213 42691221.0.0000.5231). Some personal information (gender, age, educational level, form and
214 frequency of coffee consumption, use of sugar/sweetener) was requested to characterize the 127
215 participants.

216 The participants also received a box with a kit to standardize the brewing procedure and
217 sensory evaluation. Stone and Sidel (2004) emphasized that preparation instructions for home-
218 use tests must be complete in terms of how the product is to be used, along with directions for
219 the questionnaire completion, and that the test design and instructions should be kept
220 uncomplicated and unambiguous, since there is no experimenter available to the participants at
221 the time of the preparation and evaluation. It is also important to ensure that the test is done
222 under actual use conditions (Lawless and Heymann, 2010), thus considering that many
223 Brazilian usually consume sweetened coffee (Siqueira et al., 2021), the participants were given
224 the option to prepare it according to their habit, as long as they informed if there was any added
225 sugar.

226 The kit consisted of a French press coffee maker (350 mL) (Fratelli, Brazil); a digital
227 thermometer to check the water temperature (Akso, Brazil); a food-grade polycarbonate plastic
228 measuring cup (100 mL) to measure the volume of water (Nalgon, Brazil); disposable 100 mL
229 polystyrene cups (Totalplast, Brazil) to consume the beverages; disposable plastic spoons to
230 homogenize the beverage (Strawplast, Brazil); 5 g sugar sachets (União, Brazil) in the case of
231 consumers that use sugar, and a personalized notepad. The French press method was chosen
232 due to the simplicity of the process, making it easy to standardize the brewing procedure. The
233 notepad had instructions on the brewing preparation, how to proceed with the sensory
234 assessment at home, and score sheets to inform the results of each evaluation. The kit also
235 included the samples: five laminated sealed packages with roasted and ground coffee (8 g) –
236 one coded as a test and four coded with numbers of three random digits.

237 The participants were instructed to prepare first the test coffee to familiarize themselves
238 with the brewing procedure. Afterwards, they should prepare the beverages in the order

239 indicated on the score sheets (identified by the code number) arranged sequentially. The
240 samples presentation order was randomized for each participant. It was suggested to the
241 participants to prepare the beverages at their usual coffee time, each on a different day, or even
242 two beverages on the same day, giving a break between them.

243 To perform the coffee brewing, the participants were instructed to preheat the French
244 press with hot water, then dispose of the entire package content (8 g of coffee) into the French
245 press and add 100 mL of water at 92 to 96 °C. After stirring with a spoon, they should place the
246 top of the French press with the plunger raised and let the coffee infuse. After 4 min, they should
247 press the plunger to filter the beverage, serve it in the polystyrene cup, and for consumers of
248 sweetened beverage, sweeten it using the sachet content (writing down how much sugar they
249 use). After consuming each beverage, they should inform their assessment of the beverage on
250 the corresponding score sheet and sanitize the French press for the subsequent preparation.

251 The acceptance of beverages was assessed using a 10 cm hybrid hedonic scale, anchored
252 at the ends and in the middle with the expressions: “0 = extremely disliked”, “10 = extremely
253 liked” and “5 = neither liked nor disliked”, respectively (Villanueva et al., 2005).

254

255 2.3.2 Check-All-That-Apply

256 After each acceptance test, the participants were asked to check a list of 20 attributes –
257 mild and intense aromas; bitter, slightly bitter, sweet, slightly sweet, sour, and slightly sour
258 tastes; roasted, chocolate, caramel, fruity, citrus fruits, spices, honey, chemical/medicinal,
259 fermented, and tobacco flavors; watery and full-bodied texture – and select which one (s)
260 applied to the beverage, in a CATA approach. The list was defined based on previous research
261 with *C. canephora* brews (Mori et al., 2018; Portela et al., 2022; Viencz et al., 2023a). Terms
262 presentation order was randomized for each sample and participant, as described by Mori et al.
263 (2018). Results were reported as the frequency of citation (FC) for each term.

264

265 2.4 Data analysis

266 Chemical composition and sensory acceptance data were analyzed by ANOVA – one-
267 way and two-way (samples and participants as the source of variation), respectively – and
268 Fisher’s LSD test ($p \leq 0.05$) using the Statistica 7.1 package software (Statsoft Inc., Tulsa,
269 USA).

270 Internal Preference Mapping, using the Multidimensional Scaling technique associated
271 with Hierarchical Cluster Analysis was obtained for the acceptance data matrix by Senstools
272 2.3.28 package software (OP&P Product Research/Essensor, Wageningen, NL).

273 Check-All-That-Apply data were analyzed using Cochran's Q test ($p \leq 0.10$) with
274 critical difference (Sheskin), and Correspondence Analysis, using the XLSTAT 2021.3.1
275 package software (Addinsoft Inc., New York, USA). Only terms with $FI \geq 10\%$ were considered
276 for the description of the samples.

277

278 **3 Results and Discussion**

279 *3.1 Chemical composition characterization of the ground and roasted coffee*

280 For the water-soluble compounds, the trigonelline was the only parameter for which no
281 differentiation among samples was observed, with a mean content of $0.66 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$. The
282 caffeine content was between 2.64 and $2.92 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$, and the CGA content was between 3.34
283 and $4.21 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ (Table 1). Contents of 5-CQA (the main isomer of the CGA group) were on
284 average 32% of the total CGA, varying from 0.97 to $1.39 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ (data not shown). These
285 compounds were within the range reported in the literature for *C. canephora* coffees with
286 differences in genetics and roasting degrees: from 1.46 to 3.57 g of caffeine 100 g^{-1} , 0.07 to
287 1.15 g of trigonelline 100 g^{-1} , 2.00 to 6.37 g of CGA 100 g^{-1} , and 0.21 to 2.43 g of 5-CQA 100
288 g^{-1} (31 to 40%) (Hecimovic et al., 2011; De Souza and Benassi, 2012; Dias and Benassi, 2015;
289 Agnoletti et al., 2019; Kalschne et al., 2019a; Reis et al., 2019; Mori et al., 2020; Portela et al.,
290 2021; Klikarová et al., 2022; Viencz et al., 2023b).

291 Regarding the diterpenes, the absence of kahweol (below the detection limit) and no
292 difference for 16-OMC content (mean value of $0.091 \text{ g } 100^{-1}$) was observed. Total diterpenes
293 content was between 0.432 to $0.582 \text{ g } 100^{-1}$, and cafestol content varied from 0.338 to 0.491 g
294 100^{-1} . These compounds were also within the range reported for *C. canephora* coffees: 0.192
295 to 0.742 g of total diterpenes 100 g^{-1} , 0 to 0.044 g of kahweol 100 g^{-1} , 0.068 to 0.491 g of
296 cafestol 100 g^{-1} and 0.026 to 0.433 g of 16-OMC 100 g^{-1} (Campanha et al., 2010; Sridevi et al.,
297 2011; De Souza and Benassi, 2012; Dias et al., 2014; Mori et al., 2016; Finotello et al., 2017;
298 Kalschne et al., 2019a; Francisco et al., 2021; Viencz et al., 2023b).

299

300

301

302 **Table 1.** Contents of water-soluble compounds and diterpenes (g 100 g⁻¹), and caffeine/total
 303 diterpenes ratio for *C. canephora* coffee (BRS 2314 and BRS 2357) in natural and fermented
 304 versions.

Compounds	BRS 2314		BRS 2357	
	Natural	Fermented	Natural	Fermented
Water-soluble compounds				
Caffeine	2.89 ^a ± 0.04	2.64 ^c ± 0.03	2.72 ^b ± 0.03	2.92 ^a ± 0.00
Trigonelline	0.67 ^a ± 0.03	0.65 ^a ± 0.01	0.66 ^a ± 0.01	0.66 ^a ± 0.02
Chlorogenic acids	4.21 ^a ± 0.07	3.83 ^b ± 0.13	3.34 ^c ± 0.12	3.85 ^b ± 0.09
Diterpenes				
Total diterpenes	0.555 ^a ± 0.062	0.582 ^a ± 0.028	0.450 ^b ± 0.067	0.432 ^b ± 0.047
Cafestol	0.467 ^a ± 0.051	0.491 ^a ± 0.031	0.359 ^b ± 0.061	0.338 ^b ± 0.045
16-O-methylcafestol	0.088 ^a ± 0.011	0.092 ^a ± 0.005	0.091 ^a ± 0.006	0.094 ^a ± 0.002
Caffeine/total diterpenes ratio	5.27 ^{bc} ± 0.67	4.54 ^c ± 0.26	6.16 ^{ab} ± 0.98	6.82 ^a ± 0.74

305 Mean (duplicate of extraction and analysis, n = 4) ± standard deviation; different letters in the
 306 same line indicate a significant difference between clones (Fisher's LSD test, p ≤ 0.05).
 307

308 Comparing natural coffees, clone BRS 2314 presented higher contents of caffeine,
 309 CGA, cafestol, and total diterpenes (Table 1). The same behavior was described in previous
 310 research with the same material from another season (2020), reinforcing that this may be due
 311 to genetic characteristics (Viencz et al., 2023b). For the caffeine/total diterpenes ratio, proposed
 312 as an indicative parameter of coffee species (Zanin et al., 2020), values (Table 1) were also
 313 close to those previously reported for both clones (Viencz et al., 2023b). These characteristics
 314 help to understand the impact of the botanical variety on the genetic crosses, since the
 315 composition profile of these clones is closer to the ones usually described for Robusta rather
 316 than for Conilon coffee (Mori et al., 2016; Agnoletti et al., 2019; Acre et al., 2021a; Acre et al.,
 317 2021b; Francisco et al., 2021; Portela et al., 2021; Viencz et al., 2023b).

318 The effect of fermentation on the composition varied according to the evaluated clone,
 319 but after the process, clone BRS 2314 remained with higher contents of total diterpenes and
 320 cafestol than clone BRS 2357. The association of high contents of cafestol and total diterpenes
 321 with high cup quality was first reported by Barbosa et al. (2019) for *C. arabica* from coffee
 322 quality competitions, and next described by Viencz et al. (2023b) for *C. canephora* coffees
 323 (Robustas and intervarietal hybrids). Our results are in agreement with this statement since
 324 clone BRS 2314 – which was previously described as having a higher potential for the specialty

325 coffee market (Teixeira et al., 2020; Morais et al., 2021) – received higher quality scores
326 (Appendix A.1).

327

328 3.2 Sensory analysis of coffee brews

329 The panel consisted of 127 regular coffee consumers (58 men and 69 women) above 18
330 years old, with a high level of education (88%). Most of them consumed coffee brews prepared
331 with roasted and ground coffee 1 to 3 times daily; 61% of the participants did not use sugar,
332 and 39% usually sweetened their beverages. For those who used sugar, it was reported to use a
333 quarter to one sugar sachet (5 g) for 100 mL of the beverage. Despite the lesser proximity of
334 Brazilian consumers with *C. canephora* coffee, more than half of the panel (66 participants)
335 reported at least having heard the terms Conilon or Robusta. Detailed information is available
336 in Appendix A.2.

337

338 3.2.1 Sensory acceptance

339 All beverages from the intervarietal hybrids of *C. canephora* scored higher than 5 (on a
340 10 cm hybrid hedonic scale), which represents the acceptance by consumers. Natural coffee
341 beverages from clones BRS 2314 and BRS 2357, with a mean score of 6.93, were more accepted
342 ($p \leq 0.05$) than their fermented versions (6.23 and 5.92, respectively) (Table 2). Some studies
343 pointed the acceptance for Conilon and Robusta beverages with scores from 3.8 to 4.9 on a
344 nine-point scale (Santos et al., 2013; Kim et al., 2016); other research reported values with
345 scores from 6.3 to 7.1 on a 10 cm hybrid hedonic scale for *C. canephora* coffee brews (Kalschne
346 et al., 2018; Kalschne et al., 2019b), similarly to the values found in our study.

347 For a more comprehensive evaluation, the consumers were segmented using Internal
348 Preference Mapping (Figure 1). The first two dimensions accounted for 80% of the variance.
349 Three groups of consumers were identified; one participant did not fit in any group and was
350 removed from the analysis (Table 2, Figure 1).

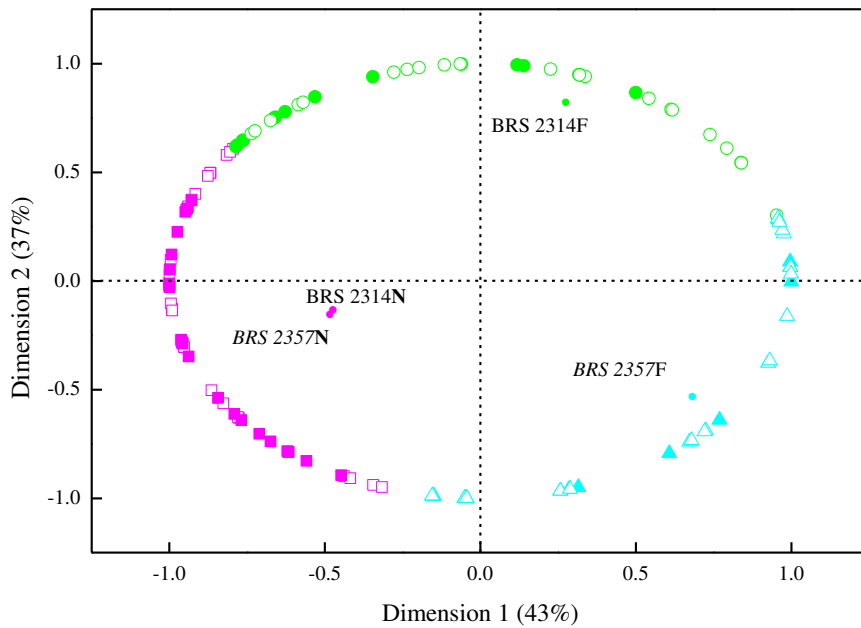
351 Almost half of the participants (57 consumers, 45%) preferred natural coffee brews;
352 they were located on the left side of the sample plot (Group I). They scored BRS 2314N and
353 BRS 2357N around 7.5, higher than the mean scores of the panel, and were indifferent to both
354 fermented brews (Table 2, Figure 1). This group was characterized by a greater presence of
355 women (66.7% of the total), who were more aware (54.4%) of the terms Conilon/Robusta
356 (Table 3).

357

358 **Table 2.** Acceptance* of the *C. canephora* brews considering the total panel and the groups
 359 defined by the Internal Preference Mapping.

Participants/coffee brews	Total	Groups**		
		I	II	III
Number of consumers (% of the panel)	127**	57 (45%)	37 (29%)	32 (25%)
BRS 2314N	6.93 ^a ± 1.94	7.64 ^a ± 1.62	6.20 ^b ± 2.15	6.41 ^b ± 1.73
BRS 2314F	6.23 ^b ± 2.14	5.10 ^b ± 2.03	7.78 ^a ± 1.26	6.34 ^b ± 1.93
BRS 2357N	6.92 ^a ± 1.97	7.43 ^a ± 1.84	6.21 ^b ± 1.81	6.73 ^b ± 2.09
BRS 2357F	5.92 ^b ± 2.28	5.07 ^b ± 1.78	5.01 ^c ± 2.13	8.34 ^a ± 1.10

360 *Mean ± standard deviation; different letters in the same column indicate a significant
 361 difference (Fisher’s LSD test, $p \leq 0.05$) (0 = extremely disliked, 10 = extremely liked, 5 =
 362 neither liked nor disliked). **Groups are defined in Figure 1; one participant did not fit in any
 363 group. Coffee brews: BRS 2314 and BRS 2357; N corresponds to natural, F to fermented ones.
 364



365

366 **Figure 1.** Internal Preference Mapping for the *C. canephora* brews: configuration of the
 367 samples and participants. Each group of consumers was represented by the symbols: Group I
 368 (■ with sugar, □ no sugar; BRS 2314N and BRS 2357N coffee brews); Group II (● with sugar,
 369 ○ no sugar; BRS 2314F coffee brew); Group III (▲ with sugar, △ no sugar; BRS 2357F coffee
 370 brew).
 371

372 The other two groups were formed by participants who preferred one of the fermented
 373 coffees. Group II (29% of participants), located at the top of the sample plot, corresponded to
 374 those who preferred the BRS 2314F (mean score of 7.78), and Group III (25% of participants),
 375 located at the bottom right, to those who preferred the BRS 2357F (mean score of 8.34) (Table
 376 2, Figure 1). The participants in Group II were younger, had a higher level of education, and

377 were also indifferent to BRS 2357F. The participants in Group III were older, had a low degree
 378 of education and a higher coffee consumption frequency than the overall panel, and stood out
 379 for accepting all beverages (Table 3, Figure 1).

380

381 **Table 3.** Demographic data and personal information of participants considering the total panel
 382 and the groups defined by the Internal Preference Mapping¹

Participants	Description	TOTAL (n = 127)	Groups*		
			I (n = 57)	II (n = 37)	III (n = 32)
Gender	Male	46	33	57	56
	Female	54	67	43	44
Age	Up to 30 years old	47	42	62	38
	31 to 50 years old	40	44	30	47
	Over 51 years old	13	14	8	16
Educational level	Intermediate	12	11	3	22
	High	88	89	97	78
Frequency of daily consumption	1 to 3 times	82	81	86	78
	>3 times	18	19	14	22
Use of sugar/sweetener	Yes	39	42	41	31
	No	61	58	59	69
Have you ever heard the term Conilon or Robusta?	Yes	52	54	46	44
	No	48	46	54	56

383 ¹Expressed as a percentage of participants (%) within the total panel or each group; n = number
 384 of consumers. *One participant did not fit in any group; Groups are defined in Figure 1.

385

386 It was noticed that the fermentation process had a great impact on the beverages'
 387 acceptance: coffee brews with fermented beans were less accepted by some consumers (group
 388 I) but allowed us to obtain products that were preferred by different publics (groups II and III)
 389 (Figure 1, Table 2). It must be considered that fermented coffees, even the Arabica species, are
 390 still less usual in the Brazilian market.

391 Natural coffees stood out for their good acceptance, with average scores above 6.2 for
 392 all consumers groups (Table 2). It is interesting to observe that, despite clone BRS 2314 having
 393 a composition profile indicative of the greater potential for high cup quality (Table 1) and
 394 having received higher quality scores (Appendix A.1), the consumers liked the beverages from
 395 BRS 2314N and 2357N equally. These results reinforce the need for consumers' studies to
 396 complement quality assessments by experts.

397

398

399

400 3.2.2 Check-All-That-Apply

401 No difference among beverages was observed for 50% of the CATA attributes (Table
402 4), indicating that many characteristics used in the list were either perceived in a similar way
403 for all samples or did not characterize the beverages. Some attributes, despite not discriminating
404 the samples, showed a considerable number of citations, allowing us to obtain a general
405 characterization of the set of intervarietal hybrids of *C. canephora* beverages studied, such as
406 mild aroma (63% of citation), roasted flavor (40%), slightly sour and slightly sweet tastes (29
407 and 22%, respectively). There was no consensus among consumers regarding the body of the
408 coffee brews, with 49 and 47% citing watery and full-bodied texture attributes, respectively.
409 Other attributes had few citations, such as chocolate flavor (15%), indicating that it was less
410 considered by consumers for the characterization of *C. canephora* beverages.

411 There is little information in the literature on the characterization of *C. canephora* coffee
412 beverages. Mori et al. (2018) reported the term full-bodied for Conilon coffees; Condelli et al.
413 (2022) reported a roasted character for Robusta coffees; and both reported that bitter, strong,
414 and astringent were the most relevant attributes to characterize Conilon and Robusta brews,
415 respectively. Braga et al. (2022) reported bitter and slightly sweet tastes for blends of Arabica
416 and Robusta coffees.

417 Considering the specific characteristics of each sample, for 7 of the 20 CATA attributes
418 significant differences were observed among beverages ($p \leq 0.10$): caramel, fruity, fermented,
419 and tobacco flavors; sweet, bitter, and slightly bitter tastes (Table 4).

420 The Correspondence Analysis enabled the discrimination between natural and
421 fermented coffees (dimension 1, accounting for 76% of the inertia) and between clones (BRS
422 2314 and BRS 2357) (dimension 2, 19% of the inertia) (Figure 2). It is noteworthy that, in the
423 sensory description of beverages by CATA (Figure 2), the samples location was similar to the
424 one obtained in the Internal Preference Mapping (Figure 1).

425 In general, natural coffees were most associated with caramel flavor, sweet and slightly
426 bitter tastes, and fermented coffees were associated with fruity, fermented, tobacco flavors, and
427 bitter taste (Table 4, Figure 2). In the study by Alves et al. (2020), trained assessors used similar
428 descriptors to characterize Amazonian Robustas beverages: sweet taste along with caramel
429 flavor for natural coffees, and bitter taste in addition to fruity flavor for fermented ones.

430 BRS 2314N and BRS 2357N beverages, preferred by the same group of participants
431 (Figure 1), were described in a similar manner: associated with the attributes of caramel flavor

432 and sweet taste. In comparison, BRS 2314N was located close to the attribute of slightly bitter
 433 taste, as BRS 2357N was closer to bitter taste (Figure 2).

434

435 **Table 4.** Frequency of terms citation for *C. canephora* brews (BRS 2314 and BRS 2357) in
 436 natural and fermented versions.

Attributes	p-value	BRS 2314		BRS 2357		FC (%)
		Natural	Fermented	Natural	Fermented	
Aroma						
Mild	0.201	0.701 ^a	0.598 ^a	0.614 ^a	0.591 ^a	63
Intense	0.340	0.291 ^a	0.386 ^a	0.378 ^a	0.362 ^a	35
Taste/Flavor						
Roasted	0.525	0.441 ^a	0.378 ^a	0.417 ^a	0.370 ^a	40
Bitter	0.009	0.244 ^b	0.260 ^{ab}	0.362 ^{ab}	0.402 ^a	32
Slightly bitter	<0.001	0.496 ^a	0.512 ^a	0.417 ^a	0.260 ^b	42
Chocolate	0.668	0.126 ^a	0.142 ^a	0.173 ^a	0.165 ^a	15
Sour	0.480	0.142 ^a	0.094 ^a	0.102 ^a	0.134 ^a	12
Slightly sour	0.266	0.268 ^a	0.354 ^a	0.276 ^a	0.276 ^a	29
Sweet	0.032	0.197 ^a	0.102 ^{ab}	0.157 ^{ab}	0.094 ^b	14
Slightly sweet	0.970	0.220 ^a	0.205 ^a	0.228 ^a	0.220 ^a	22
Caramel	0.042	0.142 ^a	0.118 ^{ab}	0.134 ^{ab}	0.047 ^b	11
Fruity	0.033	0.094 ^b	0.205 ^a	0.110 ^{ab}	0.165 ^{ab}	14
Citrus fruits	0.069	0.071 ^{ab}	0.094 ^{ab}	0.039 ^a	0.126 ^b	8
Fermented	<0.001	0.079 ^{bc}	0.165 ^{ab}	0.039 ^c	0.236 ^a	13
Honey	0.290	0.087 ^a	0.055 ^a	0.031 ^a	0.063 ^a	6
Chemical/medicinal	0.004	0.031 ^a	0.094 ^{ab}	0.039 ^a	0.134 ^b	7
Tobacco	0.077	0.150 ^b	0.197 ^b	0.157 ^b	0.260 ^a	19
Spices	0.661	0.087 ^a	0.071 ^a	0.102 ^a	0.110 ^a	9
Body/texture						
Watery	0.146	0.512 ^a	0.559 ^a	0.425 ^a	0.465 ^a	49
Full-bodied	0.102	0.457 ^a	0.402 ^a	0.551 ^a	0.488 ^a	47

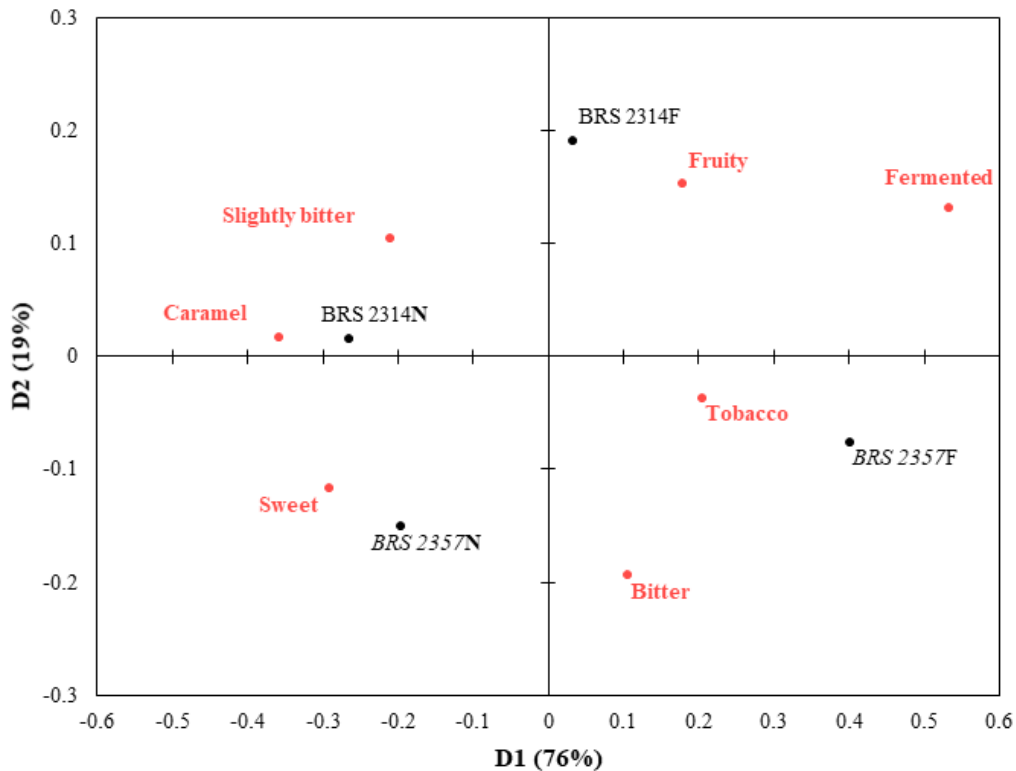
437 Numbers followed by different letters in the same line show significant differences between beverages
 438 (Cochran's Q test, $p \leq 0.10$). *Italic*: average citation frequency (FC) $\geq 10\%$.

439

440

441

442



443
 444 **Figure 2.** Correspondence Analysis plot for the description of *C. canephora* brews using
 445 Check-All-That-Apply. Coffee brews: BRS 2314 and BRS 2357; N corresponds to natural
 446 coffees, F to fermented ones. Attributes are presented in red.
 447

448 Coffee brews produced with fermented beans, which were preferred by different groups
 449 of consumers (Figure 1), were both associated with fermented flavors, but they were also
 450 described as being more differentiated than the natural ones; BRS 2357F was most associated
 451 with tobacco flavor and with a bitter taste, and BRS 2314F with fruity flavor and a slightly
 452 bitter taste (Figure 2).

453 Considering the consumers' habits, *C. canephora* is a less usual material for roasted
 454 coffee beverages. However, some of the sensory attributes observed in our study, such as
 455 caramel, fruity, and tobacco, were also reported in the characterization of natural (Condelli et
 456 al., 2022) and fermented (Bressani et al., 2021) Arabica coffee brews by consumers using the
 457 CATA method, justifying the good acceptance achieved by the studied material (Table 2).

458

459 **4 Conclusion**

460 In general, the consumers accepted all *C. canephora* intervarietal hybrid beverages even
 461 though they had noticed both the effect of the fermentation process and the genetics. In general,
 462 the beverages were characterized by a mild aroma, roasted flavor, slightly sour and slightly

463 sweet tastes. Natural coffee brews (BRS 2314 and BRS 2357) were preferred by almost half of
464 the participants, mainly women, and were mostly associated with caramel flavor, sweet and
465 slightly bitter tastes. The fermented coffee brews were both associated with fermented flavor,
466 but also presented specific characteristics. The BRS 2314F beverage, mostly associated with a
467 fruity flavor and with a slightly bitter taste, was preferred by younger and more educated
468 consumers. The BRS 2357F beverage, mostly associated with a tobacco flavor and a bitter taste,
469 was preferred by older and less educated consumers with a higher frequency of coffee
470 consumption.

471

472 **Acknowledgments**

473 The authors acknowledge CAPES, CNPq, Embrapa and Associação Brasileira de
474 Ciências Sensoriais e do Consumidor.

475

476 **Funding**

477 This research was funded by Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento
478 Científico e Tecnológico do Paraná (Grant number PBA2022011000040).

479

480 **References**

481

482 Acre, L.B., Viencz, T., Francisco, J.S., Rocha, R., Benassi, M.T., 2021a. 16-O-Metilcafesol
483 pode ser empregado como um discriminador da espécie *C. canephora* para café brasileiro?.
484 In: Anais do XVI Encontro Regional Sul de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Anais...
485 Curitiba (PR) UFPR. [https://www.event3.com.br/anais/xvierscta2021/388939-16-o-](https://www.event3.com.br/anais/xvierscta2021/388939-16-o-metilcafesol-pode-ser-empregado-como-um-discriminador-da-especie-c-canephora-para-cafe-brasileiro/)
486 [metilcafesol-pode-ser-empregado-como-um-discriminador-da-especie-c-canephora-para-](https://www.event3.com.br/anais/xvierscta2021/388939-16-o-metilcafesol-pode-ser-empregado-como-um-discriminador-da-especie-c-canephora-para-cafe-brasileiro/)
487 [cafe-brasileiro/](https://www.event3.com.br/anais/xvierscta2021/388939-16-o-metilcafesol-pode-ser-empregado-como-um-discriminador-da-especie-c-canephora-para-cafe-brasileiro/) (accessed 01 August 2023).

488

489 Acre, L.B., Viencz, T., Francisco, J.S., Rocha, R., Benassi, M.T., 2021b. Cafeína e ácidos
490 clorogênicos em cafés Conilon e Robusta. In: Anais do XVI Encontro Regional Sul de
491 Ciência e Tecnologia de Alimentos. Anais... Curitiba (PR) UFPR.
492 [https://www.event3.com.br/anais/xvierscta2021/388592-cafeina-e-acidos-clorogenticos-em-](https://www.event3.com.br/anais/xvierscta2021/388592-cafeina-e-acidos-clorogenticos-em-cafes-conilon-e-robusta/)
493 [cafes-conilon-e-robusta/](https://www.event3.com.br/anais/xvierscta2021/388592-cafeina-e-acidos-clorogenticos-em-cafes-conilon-e-robusta/) (accessed 01 August 2023).

494

495 Agnoletti, B.Z., Oliveira, E.C.S., Pinheiro, P.F., Saraiva, S.H., 2019. Discrimination of
496 Arabica and Conilon Coffee from Physicochemical Properties Allied to Chemometrics. Rev.
497 Virtual Quim. 11, 785–805. <https://doi.org/10.21577/1984-6835.20190057>

498

499 Alves, E.A., 2022. Personal information.

500

501 Alves, E.A., Souza, C.A., Rocha, R.B., Pereira, L.L., Lima, P.P., Lourenço, J.L.R., 2020.
502 Efeito da fermentação sobre qualidade da bebida do café Robusta (*Coffea canephora*)

- 503 cultivado na Amazônia Ocidental. *Ifes Ciência*. 6, 159–170.
504 <https://doi.org/10.36524/ric.v6i3.875>
505
- 506 Barbosa, M.S.G., Scholz, M.B.S., Kitzberger, C.S.G., Benassi, M.T., 2019. Correlation
507 between the composition of green Arabica coffee beans and the sensory quality of coffee
508 brews. *Food Chemistry*. 292, 275–280. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.04.072>
509
- 510 Braga, M.L., Perinoto, L.C., Tonon, G.C., Viell, F.L.G., Coqueiro, A., Reitz, F.A.C., Fuchs,
511 R.H.B., Bona, E., 2022. Sensory characterization of coffee brew with consumer-based
512 methodology and sensometrics. *Food Processing Preservation*. 46, e17076.
513 <https://doi.org/10.1111/jfpp.17076>
514
- 515 Bressani, A.P.P., Martinez, S.J., Batista, N.N., Simão, J.B.P., Schwan, R.F., 2021. Into the
516 minds of coffee consumers: perception, preference, and impact of information in the sensory
517 analysis of specialty coffee. *Food Sci. Technol*. 41, 667–675.
518 <https://doi.org/10.1590/fst.30720>
519
- 520 Campanha, F.G., Dias, R.C.E., Benassi, M.T., 2010. Discrimination of coffee species using
521 kahweol and cafestol: effects of roasting and of defects. *Coffee Sci*. 5, 87–96.
522
- 523 Companhia Nacional de Abastecimento, 2023a. Acompanhamento da safra brasileira: café.
524 [https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe/item/20652-2-](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe/item/20652-2-levantamento-de-cafe-safra-2023)
525 [levantamento-de-cafe-safra-2023](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe/item/20652-2-levantamento-de-cafe-safra-2023) (accessed 31 May 2023).
526
- 527 Companhia Nacional de Abastecimento, 2023b. Informações Agropecuárias. Série Histórica
528 das Safras: Café Conilon. [https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/896-cafe-conilon)
529 [safras/itemlist/category/896-cafe-conilon](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/896-cafe-conilon) (accessed 31 July 2023).
530
- 531 Condelli, N., Cela, N., Di Cairano, M., Scarpa, T., Milella, L., Ascrizzi, R., Flamini, G.,
532 Galgano, F., 2022. Drivers of coffee liking: Effect of physicochemical characteristics and
533 aromatic profile on consumers' acceptability of mono-origin and mono-variety coffees.
534 *Journal of Food Science*. 87, 4688–4702. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16323>
535
- 536 De Souza, R.M.N., Benassi, M.T., 2012. Discrimination of commercial roasted and ground
537 coffees according to chemical composition. *J. Braz. Chem. Soc*. 23, 1347–1354.
538 <https://doi.org/10.1590/S0103-50532012000700020>
539
- 540 Dias, R.C.E., Faria-Machado, A., Mercadante, A., Bragagnolo, N., Benassi, M.T., 2014.
541 Roasting process affects the profile of diterpenes in coffee. *Eur. Food Res. Technol*. 239,
542 961–970. <https://doi.org/10.1007/s00217-014-2293-x>.
543
- 544 Dias, R., Benassi, M.T., 2015. Discrimination between Arabica and Robusta Coffees Using
545 Hydrosoluble Compounds: Is the Efficiency of the Parameters Dependent on the Roast
546 Degree? *Beverages*. 1, 127–139. <https://doi.org/10.3390/beverages1030127>
547
- 548 Espindula, M.C., Teixeira, A.L., Rocha, R.B., Ramalho, A.R., Vieira Júnior, J.R., Alves, E.
549 A., Diocleciano, J.M., Lunz, A.M.P., Souza, F.F., Costa, J.N.M., Fernandes, C.F., 2019.
550 Novas cultivares de cafeeiros *Coffea canephora* para a Amazônia Ocidental Brasileira –
551 Principais características, first ed. Embrapa Rondônia, Porto Velho.
552

- 553 Finotello, C., Forzato, C., Gasparini, A., Mammi, S., Navarini, L., Schievano, E., 2017. NMR
554 quantification of 16-O-methylcafestol and kahweol in *Coffea canephora* var. Robusta beans
555 from different geographical origins. *Food Control*. 75, 62–69.
556 <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.12.019>
557
- 558 Francisco, J.S., Dias, R.C.E., Alves, E.A., Rocha, R.B., Dalazen, J.R., Mori, A.L.B., Benassi,
559 M.T., 2021. Natural Intervarietal Hybrids of *Coffea canephora* Have a High Content of
560 Diterpenes. *Beverages*. 7, 77. <https://doi.org/10.3390/beverages7040077>
561
- 562 Giacalone, D., Fosgaard, T.R., Steen, I., Münchow, M., 2016. “Quality does not sell itself”:
563 Divergence between “objective” product quality and preference for coffee in naïve
564 consumers. *BFJ*. 118, 2462–2474. <https://doi.org/10.1108/BFJ-03-2016-0127>
565
- 566 Hečimović, I., Belščak-Cvitanović, A., Horžić, D., Komes, D., 2011. Comparative study of
567 polyphenols and caffeine in different coffee varieties affected by the degree of roasting. *Food*
568 *Chemistry*. 129, 991–1000. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.05.059>
569
- 570 International Coffee Organization, 2023. Coffee Market Report – April 2023.
571 [http://www.consorciopesquisacafe.com.br/images/stories/noticias/2021/2023/Abril/relatorio](http://www.consorciopesquisacafe.com.br/images/stories/noticias/2021/2023/Abril/relatorio_oic_abril_2023.pdf)
572 [oic_abril_2023.pdf](http://www.consorciopesquisacafe.com.br/images/stories/noticias/2021/2023/Abril/relatorio_oic_abril_2023.pdf) (accessed 31 May 2023).
573
- 574 Kalschne, D.L., Viegas, M.C., De Conti, A.J., Corso, M.P., Benassi, M.T., 2018. Steam
575 pressure treatment of defective *Coffea canephora* beans improves the volatile profile and
576 sensory acceptance of roasted coffee blends. *Food Research International*. 105, 393–402.
577 <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.11.017>
578
- 579 Kalschne, D.L., Viegas, M.C., De Conti, A.J., Corso, M.P., Benassi, M.T., 2019a. Effect of
580 steam treatment on the profile of bioactive compounds and antioxidant activity of defective
581 roasted coffee (*Coffea canephora*). *LWT*. 99, 364–370.
582 <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.09.080>
583
- 584 Kalschne, D.L., Biasuz, T., De Conti, A.J., Viegas, M.C., Corso, M.P., Benassi, M.T., 2019b.
585 Sensory characterization and acceptance of coffee brews of *C. arabica* and *C. canephora*
586 blended with steamed defective coffee. *Food Research International*. 124, 234–238.
587 <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.03.038>
588
- 589 Kim, S.E., Lee, S.M., Kim, K.O., 2016. Consumer acceptability of coffee as affected by
590 situational conditions and involvement. *Food Quality and Preference*. 52, 124–132.
591 <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.04.008>
592
- 593 Klikarová, J., Řeháková, B., Česlová, L., 2022. Evaluation of regular and decaffeinated
594 (un)roasted coffee beans using HPLC and multivariate statistical methods. *Journal of Food*
595 *Composition and Analysis*. 114, 104841. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104841>
596
- 597 Lawless, H.T., Heymann, H., 2010. Consumer Field Tests and Questionnaire Design. In:
598 Lawless, H.T., Heymann, H. (Eds.), *Sensory evaluation of food – Principles and practices*.
599 Springer, New York, pp. 349–378.
600
- 601 Ministério das Relações Exteriores, 2021. Brazilian Coffees with Geographical Indication.
602 <https://www.gov.br/mre/pt-br/embaixada->

- 603 [berlim/promocaocomercial/books_publicacoes/b08_coffeegeographical.pdf](#) (accessed 31 May
604 2023).
605
- 606 Morais, J.A., Rocha, R.B., Alves, E.A., Espindula, M.C., Teixeira, A.L., Souza, C.A., 2021.
607 Beverage quality of *Coffea canephora* genotypes in the Western Amazon, Brazil. *Acta Sci.*
608 *Agron.* 43, e52095. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v43i1.52095>
609
- 610 Mori, A.L.B., Kalschne, D.L., Ferrão, M.A.G., Fonseca, A.F.A., Ferrão, R.G., Benassi, M.T.,
611 2016. Diterpenes in *Coffea canephora*. *Journal of Food Composition and Analysis.* 52, 52–57.
612 <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.08.004>
613
- 614 Mori, A.L.B., Garcia, A.O., Ferrão, M.A.G., Fonseca, A.F.A., Ferrão, R.G., Benassi, M.T.,
615 2018. Sensory profile of Conilon coffee brews from the state of Espírito Santo, Brazil. *Pesq.*
616 *agropec. bras.* 53, 1061–1069. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2018000900010>
617
- 618 Mori, A.L.B., Viegas, M.C., Ferrão, M.A.G., Fonseca, A.F., Ferrão, R.G., Benassi, M.T.,
619 2020. Coffee brews composition from *Coffea canephora* cultivars with different fruit-ripening
620 seasons. *BFJ.* 122, 827–840. <https://doi.org/10.1108/BFJ-03-2019-0203>
621
- 622 Portela, C.S., Almeida, I.F., Mori, A.L.B., Yamashita, F., Benassi, M.T., 2021. Brewing
623 conditions impact on the composition and characteristics of cold brew Arabica and Robusta
624 coffee beverages. *LWT.* 143, 111090. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111090>
625
- 626 Portela, C.S., Almeida, I.F., Reis, T.A.D., Hickmann, B.R.B., Benassi, M.T., 2022. Effects of
627 brewing conditions and coffee species on the physicochemical characteristics, preference and
628 dynamics of sensory attributes perception in cold brews. *Food Research International.* 151,
629 110860. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110860>
630
- 631 Reis, T.A.D., Conti, A.J., Barrientos, E.A.L., Mori, A.L.B., Benassi, M.T., 2019. Instant
632 coffee with steamed PVA beans: Physical-chemical and sensory aspects. *Ciênc. Agrotec.* 43,
633 e026119. <https://doi.org/10.1590/1413-7054201943026119>
634
- 635 Santos, E.D.S.M.D., Deliza, R., Freitas, D.D.G.C., Corrêa, F.M., 2013. Efeito de grãos
636 Conilon no perfil sensorial e aceitação de bebidas de café. *Sem. Ci. Agr.* 34, 2297.
637 <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n5p2297>
638
- 639 Specialty Coffee Association of America, 2020. Beyond Coffea Arabica: Opportunities for
640 Specialty Coffee with *Coffea canephora*. [https://sca.coffee/sca-news/read/beyond-coffee-](https://sca.coffee/sca-news/read/beyond-coffee-arabica-opportunities-for-specialty-coffee-with-coffee-canephora)
641 [arabica-opportunities-for-specialty-coffee-with-coffee-canephora](https://sca.coffee/sca-news/read/beyond-coffee-arabica-opportunities-for-specialty-coffee-with-coffee-canephora) (accessed 13 February
642 2023).
643
- 644 Siqueira, J.H., Santana, N.M.T., Pereira, T.S.S., Moreira, A.D., Benseñor, I.M., Barreto, S.M.,
645 Velasquez-Melendez, G., Molina, M.D.C.B., 2021. Consumo de bebidas alcoólicas e não
646 alcoólicas: Resultados do ELSA-Brasil. *Ciênc. Saúde Coletiva.* 26, 3825–3837.
647 <https://doi.org/10.1590/1413-81232021269.2.30682019>
648
- 649 Souza, C.A., Alves, E.A., Rocha, R.B.; Espindula, M.C., Teixeira, A.L., 2021. Perfis
650 sensoriais dos cafeeiros cultivados na Amazônia Ocidental. In: Partelli, F.L., Pereira, L.L.
651 (Eds.), *Café Conilon: Conilon e Robusta no Brasil e no Mundo.* CAUFES, Alegre, pp. 187-
652 198.

- 653 Sridevi, V., Giridhar, P., Ravishankar, G.A., 2011. Evaluation of roasting and brewing effect
654 on antinutritional diterpenes-cafestol and kahweol in coffee. *Glob. J. Med. Res.* 11, 16–22.
655
- 656 Stone, H., Sidel, J.L., 2004. Affective testing. In: Stone, H., Sidel, J.L. (Eds.), *Sensory*
657 *Evaluation Practices*. Academic Press, New York, pp. 247-277.
658
- 659 Teixeira, A.L., Rocha, R.B., Espindula, M.C., Ramalho, A.R., Vieira Júnior, J.R., Alves,
660 E.A., Lunz, A.M.P., Souza, F.D.F., Costa, J.N.M., Fernandes, C.D.F., 2020. Amazonian
661 Robustas - new *Coffea canephora* coffee cultivars for the Western Brazilian Amazon. *Crop*
662 *Breed. Appl. Biotechnol.* 20, e323420318. <https://doi.org/10.1590/1984-70332020v20n3c53>
663
- 664 Uganda Coffee Development Authority, 2010. Robusta cupping protocols. PSCB 123/10.
665 <http://dev.ico.org/documents/pscb-123-p-robusta.pdf> (accessed 13 February 2023).
666
- 667 Viencz, T., Portela, C.S., Rocha, R.B., Alves, E.A., Ramalho, A.R., Benassi, M.T., 2023a.
668 Sensory description of beverages of intervarietal hybrids of Conilon and Robusta: natural and
669 fermented coffees. *J Sens Stud.* (under review – chapter 3).
670
- 671 Viencz, T., Acre, L.B., Rocha, R.B., Alves, E.A., Ramalho, A.R., Benassi, M.T., 2023b.
672 Caffeine, trigonelline, chlorogenic acids, melanoidins, and diterpenes contents of *Coffea*
673 *canephora* coffees produced in the Amazon. *Journal of Food Composition and Analysis.* 117,
674 105140. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105140>
675
- 676 Villanueva, N.D.M., Petenate, A.J., Silva, M.A.A.P., 2005. Performance of the hybrid
677 hedonic scale as compared to the traditional hedonic, self-adjusting and ranking scales. *Food*
678 *Quality and Preference.* 16, 691–703. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2005.03.013>
679
- 680 Zanin, R.C., Kitzberger, C.S.G., Benassi, M.T., 2020. Characterization of Roasted *Coffea*
681 *arabica* Species by the Relationship Between Caffeine and Diterpenes Contents. *Braz. Arch.*
682 *Biol. Technol.* 63, e20180752. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2020180752>
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702

703 **Appendix**

704

705 **Appendix A.1.** Characteristics of cup quality and sensory attributes/notes of *C. canephora*
706 coffee brews described by experts*

Clones	Processing	Quality score	Cup quality	Sensory attributes/Notes
BRS 2314	Traditional	82 points	Fine	Chocolate (6), cocoa (2), woody (2), pleasant aftertaste (2), fruity (1), honey (1), chalky (1), dry (1), slightly harsh (1), pepper (1), herbal (1)
	Fermented	83 points	Fine	Pepper (1), herbal (1), alcoholic (1), spices (1), pleasant aftertaste (1), dry (1)
BRS 2357	Traditional	78 points	Premium	Dry (4), herbal (2), neutral (2) woody (2), harsh (1), slightly alcoholic flavor (1)
	Fermented	82 points	Fine	Spices (1), herbal (1), dry (1), fruity (1), slightly harsh (1)

707 *Alves (2022).

708

709

710

711

712

713

714

715

716

717

718

719

720

721

722

723

724

725

726

727

728

729

730

731

732

733

734

735

736

737

Participants (n = 127)	
Gender	
Male	58
Female	69
Age	
Up to 20 years old	1
20 to 30 years old	59
31 to 40 years old	35
41 to 50 years old	16
51 to 60 years old	11
Over 60 years old	5
Intermediate educational level	
Incomplete elementary school	4
Complete elementary school	1
Incomplete high school	-
Complete high school	10
High educational level	
Incomplete undergraduate	8
Complete undergraduate	32
Postgraduate	72
Usual form of consumption¹	
Filtered	115
Espresso	19
Instant coffee	14
French press	2
Italian coffee maker	1
Frequency of daily consumption	
1 to 3 times daily	104
>3 times daily	23
Use of sugar/sweetener	
Yes	50
No	77
Have you ever heard the term Conilon or Robusta?	
Yes	66
No	61

739 ¹Consumers chose more than one answer.

740

741

742

743

744

745

746

747

748

749

CONCLUSÃO GERAL E CONSIDERAÇÕES

1 **CONCLUSÃO**

2 Os cafés híbridos intervarietais de Conilon e Robusta produzidos na região da Amazônia
3 Ocidental, denominados Robustas Amazônicas, tinham maiores teores de cafeína, ácidos
4 clorogênicos, cafestol e diterpenos totais nos grãos torrados comparativamente aos cafés da
5 variedade botânica Robusta, procedentes do banco de germoplasma da Embrapa e cultivados na
6 mesma região. Cabe destacar que o clone BRS 2314 foi o mais diferenciado no perfil de
7 composição, apresentando os maiores teores desses mesmos compostos em relação ao conjunto
8 dos Robustas Amazônicas.

9 Em relação as quatro bebidas estudadas, produzidas a partir dos híbridos BRS 2314 e
10 BRS 2357 na versão natural e fermentado, as bebidas do clone BRS 2314 tinham maiores teores
11 de cafeína e ácido 5-cafeoilquínico. Com a fermentação, as bebidas de ambos os clones
12 apresentaram aumento da acidez titulável total e redução do pH.

13 Os consumidores aceitaram todas as quatro bebidas avaliadas, e perceberam o efeito da
14 fermentação e da genética. A bebida do clone BRS 2314 natural foi caracterizada por atributos
15 considerados positivos para qualidade de bebida.

16 As bebidas dos cafés naturais foram caracterizadas por apresentar maior intensidade
17 e/ou maior citação dos atributos cor marrom/cor de café, aroma e sabor de café, aroma e sabor
18 torrado, aroma e sabor doce, sabor de caramelo, pouco amargo, ácido, com dominâncias de
19 sabor de café, tabaco, gosto amargo e ácido.

20 As bebidas dos cafés fermentados foram caracterizadas por apresentar maior intensidade
21 e/ou maior citação dos atributos encorpado e adstringente, aroma e sabor fermentado, aroma
22 não característico e de ervas/medicinal, gosto amargo, residual amargo, não característico, e de
23 ervas/medicinal, com dominâncias de sabor chocolate, fermentado e torrado, e gosto amargo.

24 No geral, o conjunto de bebidas dos cafés *C. canephora* híbridos intervarietais foram
25 caracterizadas pelos consumidores como apresentando aroma suave, sabor torrado, pouco ácido
26 e pouco doce. No entanto, observou-se que a diversidade proporcionada pela diferença genética
27 e pelo processo de fermentação, permitiu a obtenção de bebidas com características sensoriais
28 diferenciadas, que permitiram atender as preferências de diferentes segmentos de
29 consumidores.

30 Esses resultados mostram o potencial de inserção dos Robustas Amazônicas no mercado
31 consumidor brasileiro, oferecendo um produto com excelente perfil de compostos bioativos,
32 diversidade de características sensoriais e boa aceitação.

33