



UNIVERSIDADE
ESTADUAL de LONDRINA

ANDRÉ LUIZ BUZZO MORI

COMPOSIÇÃO E PERFIL SENSORIAL DE *Coffea canephora*

ANDRÉ LUIZ BUZZO MORI

COMPOSIÇÃO E PERFIL SENSORIAL DE *Coffea canephora*

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial ao Título de Doutor em Ciência de Alimentos.

Orientadora: Profa. Dra. Marta de Toledo Benassi

Londrina
2016

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

Mori, André Luiz Buzzo .

Composição e perfil sensorial de *Coffea canephora* / André Luiz Buzzo Mori. - Londrina, 2016.

131 f. : il.

Orientador: Marta de Toledo Benassi.

Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, 2016. Inclui bibliografia.

1. Compostos Bioativos - Tese. 2. Diamante ES8112 - Tese. 3. ES8122 'Jequitibá' - Tese. 4. Centenária ES8132 - Tese. I. Benassi, Marta de Toledo. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos. III. Título.

ANDRÉ LUIZ BUZZO MORI

COMPOSIÇÃO E PERFIL SENSORIAL DE *Coffea canéfora*

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciência de Alimentos.

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Profa. Dra. Marta de Toledo
Benassi

Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Luiz Filipe Protasio Pereira
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMBRAPA-Café

Dra. Cíntia Sorane Good Kitzberger
Instituto Agrônômico do Paraná – IAPAR

Profa. Dra. Lyssa Setsuko Sakanaka
Universidade Tecnológica Federal do Paraná -
UTFPR

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

Londrina, 16 de novembro de 2016.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Ignez e Adelino (*in memoriam*),

Às minhas irmãs,

A minha esposa Flávia,

Aos meus filhos José e Davi,

A toda minha família.

A vocês dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus.

À Profa. Dra. Marta de Toledo Benassi, pela valiosa orientação, pela atenção, carinho e imensa compreensão que sempre me dedicou durante o desenvolvimento deste trabalho e pela contribuição pela minha formação acadêmica dando o exemplo de como ser um profissional competente e um ser humano sensato e polido.

À minha mãe e irmãs por todo apoio, admiração e carinho que sempre me dedicaram e que incentivaram a alcançar meus objetivos.

À minha esposa e amor da minha vida, Flávia, por estar sempre ao meu lado, alegrando os meus dias e que me deu o José, nosso filho tão amado.

Aos professores do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, da UEL, pela contribuição em minha formação acadêmica.

Aos funcionários e colegas do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, que contribuíram direta e indiretamente na minha formação acadêmica.

À Dra. Maria Amélia Gava Ferrão, pesquisadora da EMBRAPA CAFÉ, pelo fornecimento dos materiais genéticos.

À Dra. Aline de Oliveira Garcia do Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL) pela realização das análises sensoriais.

Ao Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), em especial à Dra. Maria Brígida dos Santos Scholz e Dra. Cintia Sorane Good Kitzberger por ter cedido os torradores para a realização da torra dos cafés.

À Cia. Iguaçu de Café Solúvel, particularmente ao Dr. Marcelo Caldeira Viegas pelo apoio nas análises cromatográficas.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelos apoios financeiros.

“Aprenda como se você fosse viver para sempre. Viva como se você fosse morrer amanhã”.

Mahatma Gandhi

MORI, André Luiz Buzzo. **Composição e perfil sensorial de Coffea canephora**. 2016. 131f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2016.

RESUMO

A espécie *Coffea canephora* é empregada em blends de cafés torrado e moído e na fabricação de cafés solúveis. Somente recentemente a cultura de *C. canephora* tem sido mais valorizada, e cultivares melhores adaptadas tem sido indicadas para regiões produtoras específicas. O objetivo do trabalho foi caracterizar cultivares de cafés *C. canephora*, com diversidade genética, com relação à composição e perfil sensorial. Foram estudados três cultivares clonais - Diamante ES8112, ES8122 'Jequitibá' e Centenária ES8132 - que apresentavam diferentes épocas de maturação de frutos (precoce, intermediária e tardia, respectivamente) cultivadas nas fazendas experimentais de Bananal do Norte e de Marilândia, estado do Espírito Santo, maior produtor nacional da espécie. Foram avaliados teores de diterpenos no café torrado, e teores de compostos bioativos e/ou de interesse para a qualidade de bebida (trigonelina, cafeína, ácidos clorogênicos totais, açúcares e melanoidinas), acidez e atividade antioxidante (AA) em bebidas de café torrado. O estudo da composição foi feito com trinta amostras (3 cultivares, 5 genótipos por cultivar, 2 locais de cultivo). As bebidas foram ainda estudadas quanto ao perfil sensorial, sendo selecionadas 9 amostras (3 cultivares, 3 genótipos por cultivar, com blend dos dois locais de cultivo). Observou-se efeito significativo do genótipo e interação entre genótipo e local de cultivo para todos os compostos estudados no café torrado e nas bebidas das três cultivares. Foram observados teores mais altos de 16-O-metilcafesol para os cafés cultivados em Bananal do Norte, enquanto que maiores teores de trigonelina e carboidratos livres totais e maiores valores de acidez total titulável foram encontrados nas bebidas dos genótipos cultivados em Marilândia. A época de maturação dos frutos não afetou o teor dos diterpenos e teve pouco impacto na composição química da bebida sendo a variação entre os genótipos de uma mesma cultivar mais relevante. O perfil de diterpenos dos genótipos estudados reforçou a ampla variação nos teores de cafeol e cafestol descrita na literatura, e mostrou uma alta variabilidade para 16-O-metilcafesol. O cafestol representou a maior fração dos diterpenos no *C. canephora* e o cafeol esteve ausente na maioria dos genótipos estudados. As bebidas das três cultivares apresentam expressiva AA, associada aos teores de cafeína, trigonelina, ácidos clorogênicos totais e melanoidinas. Destaca-se a uniformidade nos teores de frutose e a grande variabilidade observada para sacarose, bem como ausência deste carboidrato em 60% das bebidas. Os parâmetros amargor, forte, encorpado, adstringência e sabor residual característico de café foram os mais relevantes na caracterização das bebidas de *C. canephora* das cultivares estudadas. O parâmetro de acidez se destacou pelo impacto na qualidade global da bebida. As cultivares estudadas apresentam bom potencial com classificação de bebida na faixa de tradicional, mas próxima a superior. A utilização das cultivares Diamante, Jequitibá e Centenária, com diferentes épocas de maturação de frutos, mas que possuem características de composição e perfil sensorial de bebida similar, permite a produção de *C. canephora* com boa qualidade de bebida e expressiva AA em um período maior do ano.

Palavras-chave: Cafeol, Cafestol. 16-O-metilcafesol Compostos Bioativos. Atividade Antioxidante. Conilon. Diamante ES8112. ES8122 'Jequitibá'. Centenária ES8132. CLAE. CLUE.

MORI, André Luiz Buzzo. **Composition and sensory profile of Coffea canephora**. 2016. 131p. Thesis (Doctor Degree in Food Science) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2016.

ABSTRACT

Coffea canephora species is used in blends of roasted and ground coffee and in the production of instant coffee. Only recently the *C. canephora* crop has been most valued and well-adapted cultivars have been recommended for planting in specific growing regions. The aim of this study was to characterize *C. canephora* coffees, with different genetic background, regarding the composition and sensory profile. Three clonal cultivars were studied - Diamante ES8112, ES8122 'Jequitibá' and Centenária ES8132. These cultivars presented different fruit-ripening seasons (early, medium and late, respectively) and they were grown in two experimental farm, Bananal do Norte and Marilândia in Espírito Santo state, the main *C. canephora* producer in Brazil. Diterpenes contents were evaluated in the roasted coffee. The contents of compounds with bioactive action and/or importance in cup quality (trigonelline, caffeine, total chlorogenic acids, sugars and melanoidins), acidity and antioxidant activity (AA) were evaluated in roasted coffee brew. The study of the composition was done with thirty samples (3 cultivars, 5 genotypes for cultivar, 2 growing sites). The sensory profile of 9 select coffee brews (3 cultivars, 3 genotypes for cultivar, with blend of two growing site) were also evaluated. A significant difference among genotypes and an interaction between genotypes and growing site was observed for all compounds studied in roasted coffee and coffee brew of the three cultivars. Higher contents of 16-O-methylcafestol were observed for the coffees grown in Bananal do Norte. Higher contents of trigonelline and total free carbohydrates and higher titratable acidity values were observed for coffee brews from Marilandia. The diterpenes content of the coffees and the chemical composition of the brews were less affected by the fruit-ripening seasons of the cultivars compared to effect of the genetic (differences among genotypes). The diterpenes profile of *C. canephora* genotypes studied here reinforces the wide variation of kahweol and cafestol contents described in the literature and shows a high variability for 16-O-methylcafestol content. Cafestol represents the largest fraction of diterpenes in *C. canephora*, and the kahweol was absent in most genotypes studied. The coffee brews of the three cultivars present high AA, associated with contents of caffeine, trigonelline, total chlorogenic acids and melanoidins. Stand out the uniformity in the fructose content and the high variability observed for sucrose and absence of this carbohydrate in 60% of coffee brews. The terms bitterness, strong, body, astringency and coffee characteristic aftertaste were the most relevant parameters in the characterization of the *C. canephora* brews of the cultivars studied. The acidity parameter is highlighted by the impact on the overall brew quality. The cultivars have good potential and were classified as a "tradicional" brew, near the "superior" classification. The use of cultivars Diamante, Jequitibá and Centenária - with different fruit-ripening seasons, but with similar composition and sensory brew- allow the production of a *C. canephora* with good cup quality and high AA over a longer period of the year.

Keywords: Kahweol. Cafestol. 16-O-methylcafestol. Bioactive Compounds. Antioxidant Activity. Conilon. Diamante ES8112. ES8122 'Jequitibá'. Centenária ES8132. HPLC. UPLC.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1.1 - Categorias de Qualidade conforme ABIC38

CAPÍTULO 3

Figura 3.1 - ACPconsiderando a composição química e atividade antioxidante de bebidas de Coffea canephora: projeção das variáveis (a) e gráfico de amostras (b)87

CAPÍTULO 4

Figura 4.1 - Ficha empregada para a avaliação do perfil descritivo111

Figura 4.2 - Terminologia empregada na avaliação do perfil descritivo.....112

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1.1 -	Produção de café beneficiado no Brasil (milhões de sacas de 60 kg) nos últimos 11 anos	22
Tabela 1.2 -	Principais características da planta <i>Coffea canéfora</i>	26
Tabela 1.3 -	Teor ($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ bs) de alguns componentes de interesse em café verde <i>Coffea canéfora</i>	26
Tabela 1.4 -	Composição de <i>Coffea canephora</i> torrado	27
Tabela 1.5 -	Teor de ácidos orgânicos em bebidas de <i>C. canéfora</i>	34

CAPÍTULO 2

Tabela 2.1 -	Teores* de caveol ($\text{mg}100\text{g}^{-1}$) em genótipos de <i>Coffea canephora</i> cultivados em diferentes locais de cultivo	57
Tabela 2.2 -	Teores* de cafestol ($\text{mg}100\text{g}^{-1}$) em genótipos de <i>Coffea canephora</i> cultivados em diferentes locais de cultivo.	58
Tabela 2.3 -	Teores* de 16-O-metilcafestol ($\text{mg}100\text{g}^{-1}$) em genótipos de <i>Coffea canephora</i> cultivados em diferentes locais de cultivo.....	60

CAPÍTULO 3

Tabela 3.1 -	Condições experimentais das lavouras dos genótipos de <i>Coffea canephora</i> cultivados em diferentes locais de plantio	70
Tabela 3.2 -	Teores* de trigonelina ($\mu\text{g mL}^{-1}$ da bebida) em <i>Coffea canephora</i> cultivados em dois locais de plantio)	76
Tabela 3.3 -	Teores* de cafeína ($\mu\text{g mL}^{-1}$ da bebida) em <i>Coffea canephora</i> cultivados em dois locais de plantio	77
Tabela 3.4 -	Teores* de Ácidos clorogênicos totais ($\mu\text{g mL}^{-1}$ da bebida) em <i>Coffea canephora</i> cultivados em dois locais de plantio	78

Tabela 3.5 -	Acidez Total Titulável* (mL de NaOH 0,1 mol L ⁻¹ por 20 mL da bebida) em <i>Coffea canephora</i> cultivados em dois locais de plantio	80
Tabela 3.6 -	Teores* de carboidratos livres totais (µg mL ⁻¹ da bebida) em <i>Coffea canephora</i> cultivados em dois locais de plantio	81
Tabela 3.7 -	Melanoidinas* (mg mL ⁻¹ da bebida) em <i>Coffea canephora</i> cultivados em dois locais de plantio	83
Tabela 3.8 -	Atividade antioxidante* (mg de TROLOX mL ⁻¹ da bebida) em <i>Coffea canephora</i> cultivados em dois locais de plantio	84
Tabela 3.1S -	Teores* de 5ACQ (µg mL ⁻¹ da bebida) em <i>Coffea canephora</i> cultivados em dois locais de plantio	93
Tabela 3.2S -	Teores* de manitol (µg mL ⁻¹ da bebida) em <i>Coffea canephora</i> cultivados em dois locais de plantio	94
Tabela 3.3S -	Teores* de fucose (µg mL ⁻¹ da bebida) em <i>Coffea canephora</i> cultivados em dois locais de plantio	95
Tabela 3.4S -	Teores* de arabinose (µg mL ⁻¹ da bebida) em <i>Coffea canephora</i> cultivados em dois locais de plantio	96
Tabela 3.5S -	Teores* de galactose (µg mL ⁻¹ da bebida) em <i>Coffea canephora</i> cultivados em dois locais de plantio	97
Tabela 3.6S -	Teores* de glicose (µg mL ⁻¹ da bebida) em <i>Coffea canephora</i> cultivados em dois locais de plantio	98
Tabela 3.7S -	Teores* de xilose (µg mL ⁻¹ da bebida) em <i>Coffea canephora</i> cultivados em dois locais de plantio	99
Tabela 3.8S -	Teores* de manose (µg mL ⁻¹ da bebida) em <i>Coffea canephora</i> cultivados em dois locais de plantio	100
Tabela 3.9S -	Teores* de ribose (µg mL ⁻¹ da bebida) em <i>Coffea canephora</i> cultivados em dois locais de plantio	101
Tabela 3.10S -	Teores* de frutose (µg mL ⁻¹ da bebida) em <i>Coffea canephora</i> cultivados em dois locais de plantio	102
Tabela 3.11S -	Teores* de sacarose (µg mL ⁻¹ da bebida) em <i>Coffea canephora</i> cultivados em dois locais de plantio	103

CAPÍTULO 4

Tabela 4.1 -	Teores* de cafeína, ácidos clorogênicos totais e acidez titulável das bebidas de <i>Coffea canephora</i> de três genótipos de cada cultivar	109
Tabela 4.2 -	Perfil descritivo das bebidas das três cultivares avaliado de acordo com as Resoluções SAA-30 e SAA-28 (SÃO PAULO, 2007a; SÃO PAULO, 2007c)	115
Tabela 4.3 -	Frequência de citação (%) dos atributos na metodologia de seleção de termos para as bebidas das três cultivares.....	119

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a*	Componente vermelho-verde
AA	Atividade Antioxidante
ABIC	Associação Brasileira da Indústria de Café
ACN	Acetonitrila
ANOVA	Análise de Variância
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
b*	Componente amarelo-azul
CLAE (HPLC)	Cromatografia Líquida de Alta Eficiência
CLUE (UPLC)	Cromatografia Líquida de Ultra Eficiência
CV (%)	Coeficiente de variação em porcentagem
DAD	Detector de Arranjo de Diodos
IAPAR	Instituto Agrônômico do Paraná
INCAPER	Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural
KOH	Hidróxido de potássio
L*	Luminosidade
LD	Limite de detecção
LQ	Limite de quantificação
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MI	Matéria Insaponificável
N	Número de amostras analisadas
P	Nível de significância
R	Coeficiente de correlação de Pearson
UV-Vis	Regiões do espectro Ultravioleta e Visível
% PP	Porcentagem de perda de peso das amostras

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO, REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E OBJETIVOS..... 17

1.1	INTRODUÇÃO	18
1.2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
1.2.1	Aspectos históricos e principais espécies de café.....	20
1.2.2	Qualidade e aspectos sensoriais	24
1.2.3	<i>Coffea canephora</i> :	25
1.3	OBJETIVO GERAL	39
1.4	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	39
	REFERÊNCIAS	39

CAPÍTULO 2 – DITERPENOS EM *Coffea canéfora* 49

Resumo	50	
2.1	Introdução	50
2.2	Materiais e métodos	52
2.2.1	Reagentes, padrões e equipamentos	52
2.2.2	Material genético e preparação	53
2.2.3	Determinação de caveol, cafestol e 16-O-metilcafestol	54
2.2.4	Tratamento estatístico	55
2.3	Resultados e Discussão	56
2.4	Conclusões	61
Agradecimentos	62	
Referências	62	

CAPÍTULO 3 - CARACTERIZAÇÃO DA BEBIDA DE *Coffea canephora*: composição e atividade antioxidante..... 66

Resumo	67	
3.1	Introdução	68
3.2	Material e métodos	69
3.2.1	Material	69

3.2.2	Determinação de trigonelina, cafeína e ácidos clorogênicos totais	71
3.2.3	Determinação de ph e acidez total titulável	72
3.2.4	Determinação de carboidratos livres	72
3.2.5	Estimativa de melanoidinas	73
3.2.6	Determinação da atividade antioxidante	74
3.2.7	Análise estatística	74
3.3	Resultados e discussão	75
3.4	Conclusões	88
	Agradecimentos	88
	Referências	88
	Material Suplementar	93

**CAPÍTULO 4 - PERFIL SENSORIAL DE BEBIDAS DE *Coffea canephora*
DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO** 104

Resumo	105
4.1 Introdução	105
4.2 Materiais e métodos	107
4.2.1 Material	107
4.2.2 Análises Sensoriais	109
4.2.2.1 Perfil Descritivo	110
4.2.2.2 Análise Sensorial por Seleção de Termos	113
4.3 Resultados e discussão	114
4.3.1 Perfil Descritivo	114
4.3.2 análise sensorial por seleção de termos	117
4.4 Conclusões.....	120
Agradecimentos	121
Referências	121
CONCLUSÃO	127
ANEXO 1 - Estrutura química dos principais compostos do café.....	128

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO, REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E OBJETIVOS

1.1 INTRODUÇÃO

O café é uma das bebidas mais consumidas no mundo, conhecida pelo sabor e odor característicos e que recentemente está associada a efeitos benéficos a saúde humana. O Brasil é o maior produtor e exportador de café verde do mundo que se destaca pela capacidade de produzir as duas espécies de café comercialmente viáveis, o *Coffea arabica* e o *Coffea canephora*. Estas duas espécies de café são cultivadas, geralmente, em regiões distintas do país e seu cultivo é dependente das condições agrônômicas e climáticas. Atualmente, Minas Gerais é o maior produtor de *C. arabica*, enquanto que Espírito Santo é o maior produtor de *C. canephora*. Em função de produzir as duas espécies de café em diferentes regiões e com beneficiamento adequado, o Brasil pode realizar os mais variados *blends* de café atendendo as demandas mundiais referentes às características de composição e sensoriais (MAPA, 2016).

Além das diferenças de composição química do café verde, o processo de torra altera significativamente a composição com a degradação de compostos já existentes no grão e com a formação de novos compostos. As características sensoriais do café são formadas durante a torra.

A bebida do café se caracteriza pelo efeito estimulante, auxiliando no desenvolvimento de concentração e atenção (ABIC, 2016a). A composição química da bebida do café, que é dependente das espécies, processos de pós-colheita, dos *blends* empregados, processo de torra e moagem e do preparo da bebida reflete diretamente nas características sensoriais que afetam a aceitação do produto. Para descrever e caracterizar os atributos e a aceitação das bebidas de café é necessário o emprego de técnicas sensoriais. Essas informações, em conjunto com o conhecimento da composição química, permitem um melhor entendimento sobre a qualidade da bebida do café.

No Brasil, um método de avaliação da qualidade global da bebida do café tem sido preconizado pela ABIC para monitorar a qualidade do café no país (ABIC, 2016b). Essa exigência já consta em legislações específicas de alguns estados brasileiros, destacando-se o Estado de São Paulo com normas de padrões mínimos de qualidade para classificação (SAA 30, SAA 31, SAA 19) (SÃO PAULO, 2007a,

2007b, 2010). A avaliação da qualidade sensorial da bebida chegou a constar como obrigatória na legislação nacional pela Instrução Normativa 16/2010, que foi revogada posteriormente (Instrução Normativa 7/2013) (BRASIL, 2013).

De forma geral a literatura tem um bom volume de informações sobre composição química e características sensoriais de *C. arabica*, mas é muito limitada quanto ao *C. canephora*. O café é um produto agrícola importante para o país e a espécie *C. canephora* tem se destacado nos últimos anos pelo aumento da produção e grande evolução em termos agrônômicos, mas poucos estudos na área de alimentos estão associados ao café *C. canephora*. Destaca-se assim, o interesse e a importância de informações sobre a composição química e os aspectos sensoriais e da qualidade da bebida de café *C. canephora* brasileiro.

A partir do exposto, o capítulo 1 apresenta uma introdução geral, uma revisão bibliográfica enfocando a espécie *C. canephora*, e a descrição dos objetivos do trabalho.

Nesse trabalho, três cultivares - Diamante ES8112, ES8122 'Jequitibá' e Centenária ES8132 - da espécie *C. canephora*, oriundas do programa de melhoramento genético do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER, Espírito Santo, Brasil) foram estudadas. Essas cultivares se caracterizam por apresentar épocas de maturação dos frutos distintas, e foram coletadas em duas regiões do Estado do Espírito Santo.

O capítulo 2 apresenta o teor dos diterpenos cafeol, cafestol e 16-O-metilcafestol em café torrado procedente de 15 genótipos de *C. canephora* (correspondentes às três cultivares, 5 genótipos por cultivar) nas duas regiões de cultivo.

No capítulo 3, estão descritos os teores de compostos bioativos e/ou de interesse para a qualidade (trigonelina, cafeína, ácidos clorogênicos totais, açúcares e melanoidinas), acidez e atividade antioxidante de bebidas procedentes das mesmas amostras do capítulo 2.

O capítulo 4 enfoca um perfil sensorial descritivo e de qualidade de bebidas de *C. canephora* das três cultivares, selecionadas entre as estudadas no capítulo 3.

1.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.2.1 Aspectos históricos e principais espécies de café

Não há evidência concreta sobre a descoberta do café, uma das lendas mais aceitas sobre sua provável origem é a do pastor Kaldi, que viveu na Absínia, atualmente Etiópia, por volta de mil anos atrás. Observando suas cabras, o pastor notou que elas ficavam alegres e saltitantes sempre que mastigavam os frutos de coloração amarelo-avermelhada dos arbustos existentes em alguns campos de pastoreio e somente com a ajuda delas o rebanho conseguia caminhar por vários quilômetros por subidas. Kaldi comentou sobre o comportamento dos animais com um monge da região, que decidiu experimentar o efeito dos frutos. O monge utilizou os frutos na forma de infusão, percebendo que a bebida o ajudava a resistir ao sono. A descoberta se espalhou rapidamente entre os monastérios, criando uma demanda pela bebida. As evidências mostram que o café foi cultivado pela primeira vez em monastérios islâmicos no Yemen (ABIC, 2016a).

Mercadores venezianos levaram o café para a Europa em 1615. No mesmo período surgiram na Europa duas outras grandes bebidas quentes: o chocolate quente, trazido pelos espanhóis das Américas em 1528, e o chá, comercializado pela primeira vez na Europa em 1610. A primeira casa de café européia abriu em Veneza em 1683. O Caffè Florian abriu na Piazza San Marco em 1720 e continua funcionando até hoje (ICO, 2016).

A maior bolsa de seguros do mundo, a Lloyd's of London, iniciou os negócios como casa de café. Foi aberta em 1688 por Edward Lloyd, que preparava listas dos navios segurados por seus clientes (ICO, 2016).

O café chegou ao Brasil em Belém no ano de 1727, trazido pelo Sargento-Mor Francisco de Mello Palheta a pedido do governador do Maranhão e Grão Pará, que o enviara à Guiana Francesa com essa missão, uma vez que o café já possuía na época grande valor comercial. Palheta recebeu clandestinamente da esposa do governador de Caiena, capital da Guiana Francesa, uma pequena muda de café *Coffea arabica* e trouxe ao Brasil escondida na bagagem (CNCAFE, 2016).

Devido às condições climáticas favoráveis, o cultivo de café se espalhou rapidamente, do Maranhão para Bahia, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Minas Gerais, com produção voltada para o mercado doméstico. Em um período relativamente curto, o café passou de uma posição secundária para a de produto-base da economia brasileira. Desenvolveu-se com total independência, ou seja, apenas com recursos nacionais, sendo, afinal, a primeira realização exclusivamente brasileira que visou a produção de riquezas (ABIC, 2016a).

A cultura do café se estabeleceu no Vale do Rio Paraíba, iniciando em 1825 um novo ciclo econômico no país. No final do século XVIII, a produção cafeeira do Haiti, até então o principal exportador mundial, entrou em crise devido à guerra de independência que o país manteve contra a França. Aproveitando-se essa oportunidade, o Brasil aumentou significativamente a sua produção e, embora ainda em pequena escala, passou a exportar o produto com maior regularidade. Os primeiros embarques foram realizados em 1779, com o montante de apenas 79 arrobas. Somente em 1806 as exportações atingiram um volume mais significativo, de 80 mil arrobas (ABIC, 2016a).

Atualmente, o Brasil é o maior produtor e exportador de café verde do mundo. No ano de 2015, o produto representou 7% de todas as exportações brasileiras do agronegócio, com faturamento de US\$ 6,16 bilhões. Os principais destinos das exportações brasileiras de café verde foram Alemanha, Estados Unidos, Itália e Japão; café solúvel - Rússia, Estados Unidos, Ucrânia e Japão; e café torrado e moído - Estados Unidos, Itália, Argentina e Japão (MAPA, 2016).

Entre aproximadamente 100 espécies descritas do gênero *Coffea*, somente *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre ex Froehner produzem frutos que tem importância econômica e são de cultivo comercial relevante (AGUIAR, 2005).

O *Coffea arabica* apresenta uma bebida de qualidade superior, com aroma intenso e sabores diversificados e com variações em seu corpo e acidez (CLARKE e MACRAE, 1985). Essa espécie de café é cultivada preferencialmente em altitudes acima de 800m, e, no Brasil, predomina nas lavouras de Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Bahia, Rio de Janeiro e em parte do Espírito Santo (MAPA, 2016).

O *Coffea canephora* é uma espécie de maior rusticidade e vigor que *C. arabica*, adaptada a regiões de baixa altitude e temperaturas elevadas, com resistência a deficiências hídricas prolongadas. A partir *C. canephora* se produz uma bebida com menor acidez, mas com mais corpo, pelo maior teor de sólidos solúveis, sendo empregada na formação de blends com *C. arabica* para o produto torrado e moído e na produção de café solúvel (CLARKE; MACRAE, 1985). No Brasil, predomina nas lavouras do Espírito Santo e Rondônia e pode ser encontrado em parte da Bahia e de Minas Gerais (MAPA, 2016).

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), o Brasil possui, no ano de 2016, uma área plantada com a cultura de café, de 2,25 milhões de hectares, sendo 79,2% de *C. arabica* e 20,8% de *C. canephora* com uma estimativa de 48,64 milhões de sacas de 60 kg de café beneficiado (CONAB, 2016). O *Coffea canephora* representa, no geral, cerca de 25% da produção de café no Brasil (Tabela 1.1), mas a cultura tem sido muito prejudicada pela estiagem e à má distribuição de chuvas em dois anos consecutivos nos estádios de florescimento, formação e enchimento de grãos, sendo prevista uma redução na produção em 2016 (CONAB, 2016).

Tabela 1.1 – Produção de café beneficiado no Brasil (milhões de sacas de 60 kg) nos últimos 11 anos.

Safra	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
<i>C. arabica</i>	23,81	33,01	25,10	35,48	28,87	36,82	32,19	38,34	38,28	32,30	32,05
<i>C. canephora</i>	9,13	9,50	10,97	10,51	10,60	11,27	11,29	12,48	10,86	13,04	11,19
Total	32,27	42,51	36,07	45,99	39,47	48,09	43,48	50,82	49,14	45,34	43,24

Fonte: adaptado de Conab (2016)

Minas Gerais é o maior produtor de café do Brasil e o estado do Espírito Santo, segundo maior produtor, é o maior produtor de *C. canephora* do país (70% do total) (IBGE, 2016). O desenvolvimento de cultivares clonais com alta produtividade e boa qualidade de bebida tem contribuído para melhorar o parque cafeeiro do estado do Espírito Santo. Outro ponto de grande interesse é o emprego de cultivares com diferentes características de maturação de frutos (precoce, intermediário, e tardio), uma vez que a diferença na época de maturação permite colheita escalonada da lavoura e maior período para colheita, com vantagens para o produtor como a

melhor gestão da mão de obra e a melhor utilização de terreiros e secadores (EMBRAPA, 2013).

Na cafeicultura brasileira é muito conhecida a característica de safras altas alternadas com baixas safras, o que se chama de ciclo bienal de produção. A bienalidade é uma constante na cultura do cafeeiro, podendo ser considerada como sendo o fenômeno da alternância de grandes e pequenas produções ao longo do tempo. Esse fenômeno é mais pronunciado no *C. arabica*, mas também ocorre no *C. canephora*, normalmente com menor intensidade devido às práticas de poda e alternância de ramos plagiotrópicos produtivos (MENDONÇA et al., 2011). Essa alternância bienal de produção é própria da natureza fisiológica do cafeeiro, que necessita vegetar em um ano para produzir bem no ano seguinte (RENA; MAESTRI, 1985). Na Tabela 1.1 observa-se que nas últimas safras a diferença entre as safras de alta e baixa bienalidade está se reduzindo. Este fato se deve a maior utilização da mecanização, aliada às inovações tecnológicas, às exigências do mercado, à qualidade do produto e à boa gestão da atividade, são fatores extremamente importantes e necessários para o avanço e modernização da cafeicultura (CONAB, 2016). Outro aspecto relevante a ser observado, é que uma parte desse crescimento na produção pode ser atribuída ao aumento contínuo, cerca de 23%, da produção de *C. canephora* nos últimos 11 anos.

A cadeia produtiva do café é responsável pela geração de um número relevante de empregos no país. O café é fonte imprescindível de receita para centenas de municípios, além de ser o principal gerador de postos de trabalho na agropecuária nacional. Os expressivos desempenhos da exportação e do consumo interno de café implicam na sustentabilidade econômica do produtor e de sua atividade. Ano a ano aumentam os investimentos em certificações, que promovem a preservação ambiental, melhores condições de vida para os trabalhadores, melhor aproveitamento das terras, além de técnicas gerenciais mais eficientes das propriedades, com uso racional de recursos. O volume expressivo de cafés sustentáveis produzidos anualmente e a alta qualidade e diversidade das safras brasileiras fazem do Brasil um fornecedor confiável e capaz de atender às necessidades dos compradores internacionais mais exigentes (MAPA, 2016). O Brasil destaca-se ainda por ter condições climáticas que favorecem o cultivo do café em diferentes regiões produtoras, assim a partir destes diversos climas, altitudes e

tipos de solo, os produtores brasileiros podem obter grande variação nas características dos cafés das duas espécies cultivadas, o *C. arabica* e o *C. canephora*.

1.2.2 Qualidade e aspectos sensoriais

A Associação Brasileira da Indústria de Café - ABIC realiza desde 2003 estudos periódicos sobre as tendências de consumo do café, com informações bastante abrangentes. Em 2016, o uso do café torrado e moído, nas suas diferentes formas de preparo (mais usuais coado e filtrado) continua sendo descrito como o predominante entre os brasileiros, mas destaca-se aumento no consumo de cápsulas (EUROMONITOR INTERNATIONAL, 2016). Em 2015, o consumo *per capita* de café do brasileiro foi de 4,9 kg ao ano de café torrado e moído, observando-se também um crescimento no interesse por diferentes variações como os cafés gourmet, assim o mercado deve evoluir para atender os consumidores mais atentos à diferenciação de regiões, sabores, certificações, entre outros (ABIC, 2015).

A *International Organization for Standardization* (ISO) descreve qualidade como a capacidade de um conjunto de características inerentes a um produto, sistema ou processo de atender a exigência / requisitos de consumidores e outras partes interessadas (ISO, 2000). Para Montgomery (2009) a qualidade significa adequação ao uso e é inversamente proporcional a variabilidade. Dentre os programas que a ABIC tem implementado, o PQC (Programa de Qualidade do Café) vem incentivando a melhoria da qualidade de toda a cadeia produtiva do café e estabelece padrões sensoriais de qualidade da bebida do café definindo as categorias tradicional, superior e gourmet (ABIC, 2016b).

Desta forma, a qualidade do café não é algo fixo e depende de sua utilização e da cultura e hábito dos consumidores. A qualidade do café varia ao longo da cadeia produtiva que vai do produtor até o consumidor final (LEROY et al., 2006). Ao nível do agricultor, é dada pela combinação de produtividade, preço e facilidade da cultura, enquanto que, para a comercialização (exportador ou importador), está associada ao tamanho do grão, presença de defeitos, regularidade de fornecimento, quantidade, características físicas e preço. Para as empresas que processam,

depende da umidade e da manutenção das características - fatores importantes na etapa de torra, mas também da origem, preço, composição química e qualidade sensorial, esse último item bastante diferenciado e específico para cada país ou mercado consumidor. Ao nível do consumidor, a qualidade do café está associada ao preço, sabor e aroma, e mais recentemente, considerando o aumento da informação ao público, aos potenciais efeitos sobre a saúde e ao estado de alerta, e também a origem geográfica, aspectos ambientais e sociológicos (LEROY et al., 2006).

1.2.3 *Coffea canephora*: composição e características

A espécie *Coffea canephora* Pierre ex Froehner é nativa das florestas baixas da África Equatorial, na bacia do rio Congo, e atualmente cultivada em alguns países da África Central e Ocidental, no sudeste da Ásia e na América do Sul (EMBRAPA, 2004). Pertencem a essa espécie, as variedades Conillon, Robusta, Guarini, Apoatã, Laurenti, Oka, Uganda, Crassifolia, Bukobensis, mas apenas as quatro primeiras são cultivadas comercialmente no Brasil (EMBRAPA, 2004). No Brasil, a variedade mais plantada do *C. canephora* é o conilon, enquanto nos demais países, é a variedade robusta (BRAGANÇA et al., 2001). Na literatura, muitas vezes a denominação café robusta é usada de forma generalizada para se referir às variedades da espécie *Coffea canephora* em virtude das plantas apresentarem de maneira geral, um grande vigor vegetativo (PAULINO et al., 1987). As características gerais da planta do café da espécie *Coffea canephora* são apresentadas na tabela 1.2.

Ky et al. (2001) realizaram um estudo com 36 cafés verdes *Coffea canephora* procedentes de cinco países africanos e coletadas entre 1975 e 1988, e reportaram os grande variabilidade no teor de alguns bioativos e sacarose (Tabela 1.3). Montagnon et al. (1998) encontraram teores médios de $0,75 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$; $2,33 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ e $11,61 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ para trigonelina, cafeína e ácidos clorogênicos totais (ACG), respectivamente, em variedades de *Coffea canephora* da Costa do Marfim, valores similares ao reportado por Ky et al. (2001).

Tabela 1.2 – Principais características da planta *Coffea canephora*.

Características	<i>Coffea canephora</i>
Altitude preferencial	Abaixo de 500m
Temperatura preferencial	Entre 24°C e 28°C
Déficit Hídrico	Menos sensível que o <i>C. arabica</i> (até 150 mm·ano ⁻¹)
Fecundação	Alógama, autoincompatível
Ploidia	Diplóide, com 22 cromossomos
Caule	Policaule
Porte	Mais alto que o <i>C. arabica</i>
Propagação	Semente e estaca
Período de maturação	Em média 300 dias
Cor do fruto	Mais escuro que o do <i>C. arabica</i>
Grãos maduros	Permanecem na planta
Mucilagem	Menos que o <i>C. arabica</i>

Fonte: adaptado de EMBRAPA (2004)

Tabela 1.3 – Teor (g·100g⁻¹ bs) de alguns compostos de interesse em café verde *Coffea canephora*.

Composto	Média	Mínimo	Máximo
ACG totais	11,3	7,88	14,4
ACQ	7,66	5,12	9,50
AFQ	1,43	0,77	2,23
diACQ	2,31	1,57	3,03
Sacarose	5,45	4,05	7,05
Cafeína	2,54	1,51	3,33
Trigonelina	1,01	0,75	1,24

ACG: Ácidos clorogênicos; ACQ: Ácido cafeoilquínico; AFQ: Ácido feruloilquínico; diACQ: Ácido dicafeoilquínico.

Fonte: Adaptado de Ky et al. (2001)

A composição do grão verde de café é bastante complexa, mas maior diversidade ainda pode ser observada após o processo de torra. No processamento industrial, o processo de torra afeta a composição e características da matéria prima, acarretando um aumento do volume do grão de 50% a 80%, alteração de sua estrutura e cor. A cor verde é substituída pela marrom quando há uma perda de massa, entre 11% e 20%. O processo de torra pode ser separado em 4 etapas: secagem, desenvolvimento, decomposição e torra final. A mudança inicial, na fase de secagem ocorre em torno de 50°C, com a desnaturação proteica e evaporação da água. No desenvolvimento, acima dos 100°C, ocorre escurecimento devido à

pirólise dos compostos orgânicos acompanhado pelo inchamento do grão, e, em torno de 150° C, há liberação de compostos voláteis (água, dióxido e monóxido de carbono) que resulta em um aumento do volume do grão. A etapa de decomposição, que tem início entre 180°C e 200°C, é caracterizada por um estalo e ruptura do grão, formação de fumaça azulada e liberação do aroma. Na etapa final, as reações de interação e condensação entre grupos amino e carbonil (reação de Maillard) e caramelização ocorrem e a umidade fica entre 1,5% e 3,5%. O processo de torra altera assim a composição, pela degradação de compostos existentes no grão e formação de novos compostos. As características aromáticas e de cor do produto são formadas durante a torra (BELITZ et al., 2009).

A composição do café torrado é altamente dependente do processo e do grau de torra. Estima-se que o grão de café torrado possua mais de 2000 compostos, vários destes com atividades biológicas conhecidas (ALVES; CASAL; OLIVEIRA, 2009; FRANCA; OLIVEIRA, 2016; GAASCHT et al., 2015; HIGDON; FREI, 2006). Na tabela 1.4 pode ser observada uma descrição da composição de café *C. canephora* a um grau de torra média. Importante ressaltar que a composição das bebidas, originadas do café torrado, é ainda mais variável e dependente das espécies/variedades de café utilizadas no blend, dos processos de torra e moagem empregados e do preparo da bebida (NOGUEIRA; TRUGO, 2003, ALVES; CASAL; OLIVEIRA, 2009; MAPA, 2016; VIGNOLI et al., 2016).

Tabela 1.4 – Composição de *Coffea canephora* torrado*

Componentes	Teor (g·100g ⁻¹ bs)**
Cafeína	2,4
Trigonelina + ácido nicotínico	0,7
Ácidos Alifáticos	2,5
Ácidos Clorogênicos	3,1
Lipídios	11,0
Proteínas***	10,0
Carboidratos	41,5
Compostos voláteis	0,1
Minerais	4,7
Melanoidinas	23,0

* Cor de torra média. ** Umidade de 1 a 5 g·100g⁻¹. *** Soma de aminoácidos após hidrólise ácida.

Fonte: Adaptado de Belitz et al. (2009)

Os carboidratos são os compostos do grão de café mais afetados pelo processo de torra, que induz mudanças na quantidade e estrutura dos componentes em relação ao café verde (NUNES; COIMBRA, 2001).

A concentração e a presença de açúcares, em especial sacarose, frutose e glicose (estruturas no Anexo 1), estão relacionadas principalmente ao estágio de maturação do fruto. A sacarose aumenta à medida que o café amadurece, enquanto que a frutose e a glicose diminuem ao final do ciclo (MAZZAFERA, 1999; ROGERS et al., 1999). A sacarose é o carboidrato abundante no café verde e atua como um precursor de aroma durante o processo de torra gerando várias classes de compostos tais como furanos, aldeídos e ácidos carboxílicos (OOSTERVELD; VORAGEN; SCHOLS, 2003; PERRONE; DONANGELO; FARAH, 2008). No café verde, o teor de sacarose no *Coffea canephora* variou de 0,9 a 4,85 g·100g⁻¹, inferior ao descrito para o *Coffea arabica* (6,28 a 8,45 g·100g⁻¹) (ARYA; RAO, 2007). Fernandes et al. (2003) analisaram açúcares não redutores e redutores e reportaram um teor de 0,28 e 0,29 g·100g⁻¹ para sacarose e glicose, respectivamente, em *Coffea canephora* safra 2000 do Espírito Santo submetido a torra média. Moura et al. (2007) encontraram valores de 1,92 e 1,47 g·100g⁻¹ para açúcares não redutores e redutores, respectivamente, para um café *C. canephora* com grau de torra clara (luminosidade, L*, em torno de 34). A maior qualidade sensorial da bebida *C. arabica* comparativamente ao *C. canephora* tem sido associada, entre outros, ao maior teor de açúcares presente (SUNARHARUM et al., 2014).

Considerando a qualidade do produto, altos teores do álcool polihidroxilado manitol (estrutura no Anexo 1) em cafés torrados pode ser considerada como indicativo da presença de casca de café, onde o composto é encontrado na faixa de 1,6 a 2,3 g·100g⁻¹. Tendo em vista a estabilidade do manitol a tratamentos térmicos (processos de torra e extração), sua presença em café solúvel em níveis superiores a 0,3% (b.s) evidencia adulteração do produto com casca de café (DAVIS et al., 1990).

A fração de carboidratos de alta massa molecular no café verde é caracterizada pela presença de celulose, arabinogalactanas e mananas e/ou galactomananas (ARYA; RAO, 2007). Bradbury e Halliday (1990) relataram que o teor de mananas (22%) e celulose (8%) no café verde foi similar entre as espécies

C. arabica e *C. canephora*, enquanto que o teor de arabinogalactanas foi mais alto no *Coffea canephora* (17%) em comparação ao *Coffea arabica* (14%).

Os polissacarídeos do café apresentam diversidade quanto à estabilidade ao calor (LELOUP; LIARDON, 1993). O processo de torra hidrolisa polissacarídeos, com formação de mono e oligossacarídeo, e promove a reação desses compostos com aminoácidos livres ou peptídeos formando melanoidinas. A redução no teor de carboidratos deve-se à conversão de parte dos açúcares a produtos de reações de Maillard e reações de pirólise (LELOUP; LIARDON, 1993). Compostos formados na torra, como aminocetonas e aminoaldoses, dão origem a numerosos compostos voláteis, que apresentam grande efeito no aroma do produto final (GINZ et al., 2000). As melanoidinas são reportadas como um dos principais componentes do café torrado, correspondendo cerca de $25 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de sólidos solúveis (b.s.). Vários estudos sugerem que são responsáveis pela forte propriedade antioxidante e habilidade de quelar metais mostrada pela bebida (NICOLI et al., 1997; DAGLIA et al., 2004; PERRONE; FARAH; DONANGELO, 2012). Vignoli et al. (2014) relataram uma faixa de concentração de melanoidinas entre $18,50 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ e $27,30 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de sólidos solúveis em café *C. canephora* brasileiro submetido a diferentes graus de torra (L^* entre 33 e 14, respectivamente).

Segundo Belitz et al. (2009) o teor de proteína em café verde *C. arabica* e *C. canephora* está na faixa de $8,5$ a $12 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$. As proteínas contribuem para o sabor do café torrado através dos produtos de sua decomposição nas reações de pirólise. No processo de torra ocorre hidrólise das ligações peptídicas das moléculas proteicas, com liberação de carbonilas e aminas; os aminoácidos reagem com carboidratos e polimerizam formando melanoidinas. Há também produção de aminas responsáveis pelo odor de peixe e de amoníaco dos cafés excessivamente torrados. Nenhum aminoácido permanece livre após a torra por 5 min à 220° C . Outra contribuição importante para as características da bebida do café, deve-se ao fato de as partículas insolúveis de proteínas se ligarem a lipídeos formando partículas coloidais responsáveis pela turbidez (CARVALHO et al., 1997).

A cafeína (estrutura no Anexo 1) é sintetizada em apenas alguns grupos de plantas, sendo encontrada em todas as partes do cafeeiro, porém com mais abundância nas flores, nas sementes e nas folhas mais novas (CHAVES et al.,

2004). O teor de cafeína nos grãos depende da espécie e cultivar, método de cultivo, condições de crescimento e aspectos sazonais (HEČIMOVIĆ et al., 2011). O composto é relativamente resistente ao processo de torra. Na substância pura, perdas pequenas de cafeína podem ocorrer por sublimação a 178°C. Como o processo é realizado a temperaturas em torno de 200 a 230°C, uma perda considerável poderia ser observada durante o processamento, mas isso não ocorre. Os dois fatores que mais contribuem para a estabilidade são, provavelmente, um aumento no ponto de sublimação da cafeína, como resultado de pressões internas mais elevadas geradas dentro do grão e uma baixa taxa de difusão do vapor através das camadas externas do grão (TRUGO, MOREIRA, DE MARIA, 2000).

A cafeína apresenta ação farmacológica variada, provocando aumento da capacidade de alerta e redução da fadiga, com concomitante melhora no desempenho de atividades que requeiram maior vigilância. Em contrapartida, o consumo de cafeína pode afetar negativamente o controle motor e a qualidade do sono, bem como causar irritabilidade em indivíduos com quadro de ansiedade (HIGDON; FREI, 2006; DE MARIA; MOREIRA, 2007; GLADE, 2010; HEČIMOVIĆ et al., 2011). Cafeína também tem sido investigada por sua ação contra danos oxidativos. A indução dos danos na membrana *in vivo* ocorre por três espécies reativas de oxigênio (hidroxil, peroxil e oxigênio singlete), a literatura relata que a cafeína, em concentrações milimolares, inibe a peroxidação lipídica contra as três espécies, sendo mais eficiente contra oxigênio singlete (GEORGE; RAMALAKSHMI; RAO, 2008). Abreu et al. (2011) avaliando o efeito da ingestão de cafeína e café em ratos, relatam que, além de melhorar as funções cognitivas, o consumo de café modulou o sistema antioxidante endógeno no cérebro e apresentou ação protetora quando administrada antes do agente genotóxico em vários testes *in vivo*. A ingestão de cafeína tem sido ainda inversamente associada ao risco do desenvolvimento da doença de Parkinson, Alzheimer e diabetes tipo 2 (MEJIA; RAMIREZ-MARES, 2014). A contribuição da cafeína para a atividade antioxidante do café torrado e sua bebida tem sido destacada na literatura (VIGNOLI et al., 2014; VIGNOLI et al., 2016). Além disso, a cafeína está positivamente associada ao amargor da bebida de café (GLOESS et al., 2008).

De Souza e Benassi (2012) analisando 38 cafés torrados e moídos comerciais com grau de torra escura (L^* entre 19 e 21), provavelmente blends de *C. arabica* e *C.*

canephora, relataram uma variação do teor de cafeína de 1,0 a 2,0 g·100g⁻¹. Os autores reportaram também um teor médio de cafeína de 2,0 g·100g⁻¹ em três cafés *C. canephora* brasileiro provenientes de Rondônia e Espírito Santo com cor de torra similar aos cafés comerciais. Moura et al. (2007) e Alves et al. (2006) encontraram valores próximos a 2,2 g·100g⁻¹ para *C. canephora* com cor de torra clara a média. Rodrigues et al. (2007) relataram teor de cafeína na faixa de 314 mg·L⁻¹ a 762 mg·L⁻¹ em bebidas de dez cafés *C. canephora* de 4 diferentes regiões geográficas (nenhum originário do Brasil) submetidas a diferentes condições de torra.

A trigonelina (estrutura no Anexo 1) é um alcaloide solúvel em água e associado ao amargor encontrado no café. Produtos de degradação da trigonelina, derivados de pirrol, são precursores de aroma e gosto amargo e isso se reflete nas características de bebida (VIANI; HORMAN, 1974). A desmetilação da trigonelina durante o processo de torra gera o ácido nicotínico, que tem atividade vitamínica e está presente na bebida de forma biodisponível, em contraste com fontes naturais onde está presente na forma ligada (PERRONE; DONANGELO; FARAH, 2008). A trigonelina é sensível a altas temperaturas e o grau de degradação térmica varia conforme as condições de torra do café. Casal et al. (2000) relataram um aumento da degradação de trigonelina após 200°C e que somente 15% da trigonelina inicial (0,097 g·100g⁻¹) foi mantida após o processo de torra a 240°C por 15 min para um *C. canephora* obtido da Costa do Marfim.

Além da atividade vitamínica, a ingestão de trigonelina exerce efeito antidiabético pela supressão dos níveis de glicose sanguíneo, controle dos níveis de lipídios séricos e regulação dos genes associados com o metabolismo de carboidratos e lipídios (YOSHINARI; IGARASHI, 2015).

Vignoli et al. (2014) relataram uma faixa de variação nos teores de trigonelina de 2,2 a 0,2 g·100g⁻¹ em café *C. canephora* brasileiro torrado com L* entre 33 e 14, respectivamente, representando uma diminuição média de 90% com o aumento de intensidade no processo de torra. Os mesmos autores descrevem que o teor de trigonelina foi mais baixo no café *C. canephora* em relação ao *C. arabica* para todos os graus de torra estudados. De Souza e Benassi (2012) relataram uma variação do teor de trigonelina de 0,22 a 0,96 g·100g⁻¹ para cafés torrados e moídos comerciais

(38 amostras) e de $0,22 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ para cafés *C. canephora* brasileiros (3 amostras) dos estados de Rondônia e Espírito Santo, com L^* entre 19 e 21.

O café é também uma rica fonte de ácidos hidroxicinâmicos (cafeico, clorogênico, cumárico, ferúlico e sinápico) (MANACH et al., 2004), destacando-se o 5-cafeoilquínico (5-ACQ) como o principal isômero (estrutura no Anexo 1) (FARAH; DONANGELO, 2006). Atualmente são relatados para essa classe de compostos potenciais benefícios à saúde (HIGDON; FREI, 2006). Os ácidos clorogênicos, além de possuírem alta atividade antioxidante, seus efeitos benéficos à saúde humana estão associados à atividade antimutagênica, anti-inflamatória, neuroprotetiva e redução do risco de desenvolvimento de diabetes tipo 2 (FROST-MEYER; LOGOMARSINO, 2012; LUDWIG et al., 2014; VAN DIJK et al., 2009)

Ácidos clorogênicos também são degradados durante a torra e a literatura destaca que esses compostos são mais sensíveis a degradação na matriz de *C. canephora* comparativamente ao *C. arabica* (VIGNOLI et al., 2014; DIAS; BENASSI, 2015). Em estudo sobre o efeito da temperatura, Trugo e Macrae (1984) observaram perdas em torno de 60%, após torra a 205°C por sete minutos de um café *C. canephora* proveniente de Uganda. Os autores descrevem que aproximadamente metade do teor total de ácidos clorogênicos perdidos na torra foi encontrada na fração de pigmentos, na forma de ácido quínico livre e como compostos fenólicos de baixa massa molecular, e uma parte dos produtos de degradação foi perdida por volatilização. Vignoli et al. (2014) relataram variação no teor de 5-ACQ de 6,19 a $0,13 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ em café *C. canephora* brasileiro submetido a diferentes graus de torra com L^* entre 33 e 14. Uma redução de aproximadamente 98% foi observada com o aumento da intensidade no grau de torra.

De Souza e Benassi (2012) reportaram para cafés torrados comerciais brasileiros, com L^* entre 19 e 21, uma variação do teor de 5-ACQ de 0,14 a $1,20 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de café. Os autores relataram também um teor médio de $0,21 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de 5-ACQ em cafés *C. canephora* brasileiros provenientes de Rondônia e Espírito Santo com cor de torra similares ao comercial.

A presença de compostos fenólicos e seus produtos de degradação afeta diretamente as características da bebida de café contribuindo para cor, aroma e sabor (FARAH e DONANGELO, 2006; FARAH et al., 2006). Altos teores de ácido

clorogênico têm sido associados, no geral, à redução na qualidade de bebida (FARAH et al., 2006). No entanto, Zanin et al. (2016), avaliando 32 cafés *C. arabica* brasileiros procedentes de concursos de qualidade, reportaram grande variação no teores de 5-ACQ (de 0,8 a 1,64 g·100g⁻¹) e ácidos clorogênicos totais (de 1,97 a 3,52 g·100g⁻¹), concluindo que é possível ter bebida de café de boa qualidade produzida a partir de café torrado com altos teores de ácidos clorogênicos.

Segundo Verardo et al. (2002), o teor de ácidos orgânicos, principalmente na forma livre, tem grande impacto na acidez da bebida de café. Ginz et al. (2000) relataram que a acidez da bebida tem sido reconhecida como um importante atributo para a qualidade sensorial, e que a sacarose é o principal precursor da formação dos ácidos fórmico, acético, glicólico e láctico. A estrutura química dos principais ácidos presentes no café está descrita no Anexo 1.

Durante o processo de torra, o perfil de ácidos orgânicos do café é bastante alterado. Os teores de ácidos cítrico, málico e clorogênicos são reduzidos enquanto que o de ácido quínico é aumentado em função da degradação dos ácidos clorogênicos. A degradação dos ácidos málico e cítrico leva também à formação de outros compostos como ácidos citracônico, glutárico, itacônico, mesacônico, succínico, fumárico e maléico (BALZER, 2001). Alcázar et al. (2003) relataram teores de 178 mg 100g⁻¹, 460 mg 100g⁻¹ e 50 mg 100g⁻¹ para os ácidos acético, cítrico e málico, respectivamente, em *C. canephora* torrado.

Rodrigues et al. (2007), avaliaram o teor de ácidos orgânicos nas bebidas de 10 cafés *C. canephora* de 4 diferentes regiões geográficas (nenhuma amostra estudada era originária do Brasil) submetidos a diferentes condições de torra. O ácido encontrado em maior concentração foi o succínico (1429 mg·L⁻¹), em uma das amostras provenientes da Índia com torra média (Tabela 1.5). Os autores relatam que a determinação do teor de ácidos orgânicos na bebida pode indicar as melhores condições de torra para permitir o desenvolvimento dos atributos de acidez e doçura e melhorar a qualidade sensorial dos cafés comercializados.

Tabela 1.5 – Teor de ácidos orgânicos em bebidas de *C. canephora*.

Ácido orgânico	Faixa (mg·L ⁻¹)
Ácido acético	ausente – 1309
Ácido cítrico	ausente – 399
Ácido fórmico	ausente – 158
Ácido málico	ausente – 6
Ácido pirúvico	ausente
Ácido quínico	ausente – 84
Ácido succínico	ausente – 1429

Ausente: < LOQ. n=10

Fonte: Adaptado de Rodrigues et al. (2007).

O teor de lipídios aumenta proporcionalmente após a torra, devido à degradação de outros componentes do grão verde, notadamente carboidratos. Para *C. arabica* é relatado aumento de 11,4 para 15,4 g 100g⁻¹ e, para *C. canephora*, de 6,1 para 9,6 g 100g⁻¹ (LAGO, 2001), similar ao descrito por Dias et al. (2014) para as duas espécies de café.

O teor de matéria insaponificável (MI) no óleo de café é de 9,0 g 100g⁻¹ a 13,4 g 100g⁻¹ enquanto que, para os demais óleos vegetais, está usualmente abaixo de 1% (LAGO, 2001).

Os dois principais compostos da matéria insaponificável de café são caveol e cafestol (estruturas no Anexo 1), álcoois pentacíclicos da família dos caurenos, que encontrados na MI nas formas livres e esterificadas com ácidos graxos, e são exclusivos de plantas do gênero *Coffea* (KURZROCK; SPEER, 2001). Estudos têm associado o consumo de café a um aumento dos níveis séricos do colesterol total e lipoproteínas de baixa densidade, devido principalmente à atividade hipercolesterolêmica do cafestol, mas a literatura relata que o efeito hipercolesterolêmico é transitório, e pode ser reduzido com a redução do consumo de café (URGERT, et al., 1996). De forma geral, trabalhos mais recentes têm focado mais nos efeitos benéficos à saúde da ingestão de diterpenos. Estudos epidemiológicos sugerem que o consumo diário de café reduz o risco ou a severidade de doenças relacionadas ao fígado, causadas por agentes etiológicos diversos e que este efeito está associado à presença de cafestol e caveol, que também possuem atividade anticarcinogênica. Muriel e Arauz (2010) citaram, para obtenção desse efeito, o consumo diário de três xícaras e, Larsson e Wolk (2007)

descreveram que, de modo geral, o risco de doenças hepáticas diminuiu 43% em indivíduos, com e sem histórico de doenças hepáticas, com um aumento de 2 xícaras de café ao dia. No caso de diterpenos, o método de preparo do café tem grande efeito nos teores na bebida, assim café fervido, ou escandinavo, e café turco têm níveis relativamente elevados de diterpenos em comparação com café espresso, e muito superiores ao descrito para café filtrado (URGERT et al., 1995; HIGDON; FREI, 2006; ZHANG; LINFORTH; FISK, 2012).

Os diterpenos, caveol e cafestol, são descritos como apresentando uma relativa estabilidade à temperatura quando na forma esterificada (URGERT et al., 1995, DIAS et al., 2014), entretanto a literatura descreve que o processo de torra pode produzir pequenas quantidades de dehidroderivados (DIAS et al., 2013; DIAS et al., 2010; SCHARNHOP; WINTERHALTER, 2009; SPEER; KÖLLING-SPEER, 2006)

De Souza e Benassi (2012) reportaram teor de cafestol de 0,25 a 0,55 g·100g⁻¹ e, de caveol, de 0,10 a 0,80 g·100g⁻¹ em cafés comerciais brasileiros, provavelmente blends de *C. arabica* e *C. canephora*. Os autores relataram um teor médio de cafestol de 0,21 g·100g⁻¹ em cafés *C. canephora* brasileiro provenientes de Rondônia e Espírito Santo.

Existem poucos trabalhos na literatura com diterpenos em *C. canephora*, e verifica-se ainda divergências em relação à presença e aos teores de caveol nessa matriz. Pacetti et al. (2012) reportaram teores de caveol entre 0,7 e 2,3 g·100g⁻¹ de MI em 4 cafés *C. canephora* procedentes da Índia, Vietnã e Costa do Marfim. Speer e Kölling-Speer (2001) relataram que somente traços de caveol (< 0,01 g·100g⁻¹ de MI) foram detectados em cafés verdes *C. canephora* provenientes do Vietnã, Costa do Marfim, Indonésia, Zaire, Uganda e Nova Guiné. De Souza e Benassi (2012) não detectaram caveol em cafés *C. canephora* brasileiro provenientes de Rondônia e Espírito Santo. Dias et al. (2010) em estudo utilizando *C. canephora* variedade Apoatã, não detectaram caveol no endosperma do café, e descreveram teor de cafestol de 0,094 g·100 g⁻¹. Campanha, Dias e Benassi (2010) relataram valores de 0,163 a 0,275 g de cafestol 100g⁻¹ e ausência de caveol para cafés *C. canephora* com diferentes graus de torra.

Estudos realizados por Pettitt Jr (1987) e Speer, Tewis e Montag (1991), descreveram pela primeira vez a presença de outro diterpeno de interesse, o 16-O-metilcafestol (estrutura no Anexo 1), presente apenas no *Coffea canephora* em concentrações baixas e no *Coffea dewvrei*. A literatura descreve que, por ser termicamente estável, este composto poderia ser utilizado como indicador da presença da espécie *C. canephora* no produto torrado (KEMSLEY; RUAULT; WILSON, 1995; SPEER, TEWIS; MONTAG, 1991). Na Alemanha, a quantificação de 16-O-metilcafestol é preconizada pela norma DIN 10779 (publicada em 1999) para detecção de café *C. canephora* em misturas com café *C. arabica* (SPEER; KÖLLING-SPEER, 2006).

Segundo Belitz et al. (2009) os teores de 16-O-metilcafestol no café *C. canephora* variam de 0,06 a 0,18 g·100g⁻¹ de café verde. Speer e Kölling-Speer (2001) relataram teores inferiores a 0,2 g·100g⁻¹ de MI em cafés verdes *C. canephora* provenientes do Vietnã, Costa do Marfim, Indonésia, Zaire, Uganda e Nova Guiné. Pacetti et al. (2012) analisaram os teores de diterpenos em quatro cafés *C. canephora* procedentes da Índia, Vietnã e Costa do Marfim e relataram teores de 16-O-metilcafestol entre 16,2 e 26,2 g·100g⁻¹ de MI. Não há na literatura descrição deste composto para *C. canephora* brasileiro.

A atividade antioxidante é definida como capacidade de um composto de inibir degradação oxidativa. Em produtos de alimentos, envolve pelo menos duas questões: o potencial antioxidativo determinado pela composição e propriedades antioxidantes dos constituintes e os efeitos biológicos que dependem, entre outras coisas, da biodisponibilidade do antioxidante (ROGINSKY; LISSI, 2005).

Muitos estudos vêm sendo focados no potencial antioxidante do café. A atividade antioxidante depende de constituintes naturais e de compostos formados durante o processo de torra. Dentre os constituintes naturais presentes, destacam-se os compostos fenólicos, tais como os ácidos clorogênicos e seus produtos de degradação. A cafeína e seus metabólitos, trigonelina, melanoidinas e diterpenos também têm sido associadas à atividade antioxidante (DAGLIA et al., 2004; VIGNOLI; BASSOLI; BENASSI, 2011; HIRAKAWA et al., 2005; CAVIN et al., 2002; LEE, CHOI; JEONG, 2007, VIGNOLI et al., 2014; VIGNOLI et al., 2016, KITZBERGER et al., 2014; POERNER-RODRIGUES et al., 2014).

Dentre os métodos indiretos para medida da capacidade antioxidante, destaca-se pelo maior emprego para a matriz de café, o ensaio que se baseia na habilidade dos antioxidantes em sequestrar o cátion radical de longa vida ABTS^{•+}, reduzindo a coloração do extrato. Termodinamicamente, um composto pode reduzir ABTS^{•+} quando tem um potencial redox menor que o ABTS (0,68 V), o que acontece com muitos compostos fenólicos (AWIKA et al., 2003). A atividade antioxidante é usualmente expressa em g de Trolox 100 g⁻¹ ou mmol equivalente de Trolox g⁻¹.

A literatura relata faixas bastante amplas de valores de ABTS para cafés torrados. Valores de 2,28 a 6,31 g de Trolox 100 g⁻¹ são citados para cafés torrados comerciais brasileiros (ALMEIDA; BENASSI, 2011). Kitzberger et al. (2014) reportaram valores de 3,75 a 5,42 g de Trolox·100g⁻¹ para *C. arabica* de sete diferentes cultivares. Vignoli et al. (2014) relataram uma faixa de valores de atividade antioxidante de 48,2 a 36,4 g de Trolox·100g⁻¹ de sólidos solúveis em bebida de café *C. canephora* brasileiro com L* variando entre 33 e 14, respectivamente, e que a atividade antioxidante foi sistematicamente superior para o café *C. canephora* em relação ao café *C. arabica* para todos os graus de torra.

Preferência de consumo para um tipo particular de café e modo de preparo pode ser influenciada por vários fatores como cultura, estilo de vida, ambiente social, ambiente no trabalho, hábitos diários e situação financeira e, com certeza, por características sensoriais (PETRACCO, 2001).

Mendes, Menezes e Silva (2001) propuseram uma otimização do processo de torra de *Coffea canephora* para obtenção de café com boa qualidade de bebida e aceitação. As condições ótimas de torra foram de 22 a 28 min e 225 a 230 °C correspondendo a um café com perda de peso de 17%. Os autores relataram um processo adequado de torra que permite a inclusão desta espécie de café em maiores proporções nos *blends*, mantendo uma boa aceitação sensorial e contribuindo para uma redução no custo do café torrado e moído.

A avaliação da qualidade do café verde no Brasil, para a comercialização, é realizada pela prova de xícara, em que os provadores profissionais descrevem qualitativamente a bebida e cujos parâmetros são padrões de comercialização (BRASIL, 2003). Para café torrado e torrado e moído é preconizada pela ABIC uma análise sensorial descritiva no qual o café é avaliado com base num perfil de

atributos (fragrância do pó, aroma da bebida, defeitos da bebida, acidez, amargo, sabor, sabor residual de café, corpo e adstringência). Com base nos atributos, o avaliador atribui uma nota de qualidade global (QG) que varia entre 0,0 e 10,0, que é empregada para classificação do café em Tradicional, Superior ou Gourmet (Figura 1.1) (ABIC, 2016b). Café Tradicional é definido como aquele que apresente nota para qualidade global de 4,5 a 6,0, Superior, como aquele que apresente nota para qualidade global de 6,0 a 7,3, e Gourmet, como aquele que apresente nota para qualidade global de 7,3 a 10,0 (ABIC, 2016b). Avaliação similar é proposta na legislação do estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2007a; 2007b; SÃO PAULO, 2010), mas não está contemplado em legislação nacional vigente.

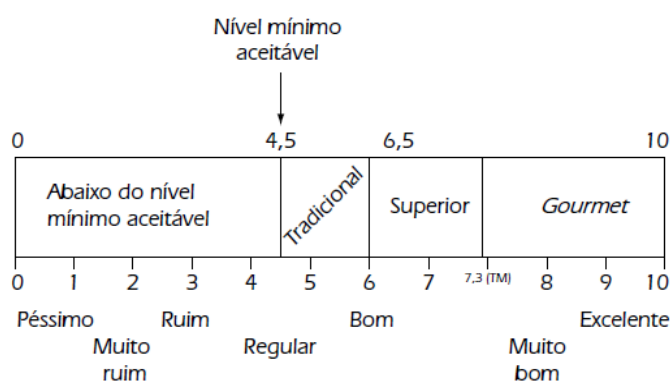


Figura 1.1 – Categorias de Qualidade conforme ABIC.

Fonte: ABIC (2016b); Adaptado de Moura et al (2007).

Uma das limitações para avaliação de qualidade segundo esse procedimento é a dificuldade em contar com equipes sensoriais treinadas e laboratórios credenciados certificados. Assim existem poucos trabalhos descrevendo o uso dessa técnica para cafés brasileiros (AGUIAR et al., 2001; MOURA et al, 2007)

Destaca-se, ainda, que os atributos sensoriais avaliados nas normas e recomendações hoje vigentes no país se aplicam as características de bebidas da espécie *C. arabica*, podendo penalizar a avaliação da qualidade quando da inclusão de *C. canephora* nos blends.

1.3 OBJETIVO GERAL

O objetivo principal do trabalho foi caracterizar cafés *Coffea canephora*, de diferentes genéticas (variedades clonais) e cultivados em diferentes locais do estado do Espírito Santo, com relação à composição e às características sensoriais e de qualidade da bebida.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Quantificar compostos bioativos e de importância para a qualidade: diterpenos (caveol, cafestol e 16-O-metilcafestol), ácidos clorogênicos, trigonelina, cafeína e carboidratos.
- Avaliar as diferenças de composição associadas a diferenças genética e de local de cultivo.
- Caracterizar o perfil sensorial descritivo e a qualidade das bebidas dos cafés selecionados.

REFERÊNCIAS

ABIC - Associação Brasileira da Indústria de Café. (2015). **Indicadores da indústria de café no Brasil – 2015**. Evolução do Consumo Interno. Disponível em: <<http://www.abic.com.br/publique/media/Norma%20de%20qualidade.pdf>>. Acesso em: 11 out. 2016.

ABIC - Associação Brasileira da Indústria de Café. (2016a). **História do Café**. Disponível em: <<http://www.abic.com.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=38>>. Acesso em 11 out. 2016.

ABIC - Associação Brasileira da Indústria de Café. (2016b). **Norma de Qualidade Recomendável e Boas Práticas de Fabricação de Cafés Torrados em Grão e Cafés Torrados e Moídos**. Revisão 27. Disponível em: <<http://www.abic.com.br/publique/media/Norma%20de%20qualidade.pdf>>. Acesso em: 11 out. 2016.

ABREU, R.V.; SILVA-OLIVEIRA, E.M.; MORAES, M.F.D.; PEREIRA, G.S.; MORAES-SANTOS, T. Chronic coffee and caffeine ingestion effects on the cognitive function and antioxidant system of rat brains. **Pharmacology, Biochemistry and Behavior**, Phoenix, v. 99, n.4, p. 659–664, 2011.

AGUIAR, A. T. E. **Atributos químicos de espécies de café**. 2005. 87 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

AGUIAR, A. T. E.; MALUF, M. P.; GALLO, P. B.; MORI, E. E. M.; FAZUOLI, L. C.; GUERREIRO-FILHO, O. Análise sensorial da bebida das cultivares Ouro Verde, Tupi e Obatã. In: II Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. 2001, Vitória-ES. **Consórcio Brasileiro de Pesquisas e Desenvolvimento do Café**, 2001. p. 1242-1247.

ALCÁZAR, A.; FERNÁNDEZ-CÁCERES, P.L.; MARTÍN, M.J.; PABLOS, F.; GONZÁLEZ, A.G. Ion chromatographic determination of some organic acids, chloride and phosphate in coffee and tea. **Talanta**, Amsterdam, v.61, n. 1, p. 95-101, 2003.

ALMEIDA, M.B.; BENASSI, M.T. Atividade antioxidante e estimativa do teor de melanoidinas em cafés torrados comerciais. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, suplemento 1, p. 1893-1900, 2011.

ALVES, S. T.; DIAS, R.C.E.; BENASSI, M.T.; SCHOLZ, M.B.S. Metodologia para análise simultânea de ácido nicotínico, trigonelina, ácidos clorogênicos e cafeína em café torrado por cromatografia líquida de alta eficiência. **Química Nova**, São Paulo, v.29, n.6, p. 1146-1148, 2006.

ALVES, R.C.; CASAL, S.; OLIVEIRA, B. Benefícios do café na saúde: mito ou realidade? **Química nova**, São Paulo, v. 32, n. 8, p. 2169-2180, 2009.

ARYA, M.; RAO, L. J. M. An impression of coffee carbohydrates. **Critical Review in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 47, n. 1, p. 51-67, 2007.

AWIKA, J. M.; ROONEY, L. W.; WU, X.; PRIOR, R. L.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. Screening methods to measure antioxidant activity of sorghum (*Sorghum bicolor*) and sorghum products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 51, n.23, p.6657-6662, 2003.

BALZER, H. H. 1 B Acids in coffee. In: **Coffee Recent Developments**; Clarke, R.J., Vitzthum, O.G., Eds.; Blackwell Science: Berlin, 2001.

BELITZ, H. D.; GROSCH, W.; SCHIEBERLE, P. Coffee, Tea, Cocoa. In:_____. **Food Chemistry**. 4ed. Berlin: Springer, 2009. p. 938-969.

BENASSI, M.T.; DIAS, R.C.E. (2015). Assay of Kahweol and Cafestol in Coffee. In: PREEDY, V.R. (Ed.). **Coffee in Health and Disease Prevention**. 1 Ed. Londres: Elsevier. 2015. p. 995-1005.

BRADBURY, A. G. W.; HALLIDAY, D. J. Chemical structures of green coffee bean polysaccharides. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.38, n. 2, p. 389-392, 1990.

BRAGANÇA, S. M.; CARVALHO, C. H. S.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G. Variedades clonais de café conilon para o estado do Espírito Santo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 5, p. 765-770, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regulamento técnico de identidade e de qualidade para a classificação do café beneficiado e do grão verde**. Instrução Normativa nº8 de 11 de jun. 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Revogar a Instrução Normativa nº 16 de 24 de maio de 2010**. Instrução Normativa nº 7 de 22 de fev. 2013.

CAMPANHA, F. G.; DIAS, R. C. E.; BENASSI, M. T. Discrimination of coffee species using kahweol and cafestol effects of roasting and of defects. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 1, p. 87-96, 2010.

CARVALHO, V. D.; CHAGAS, S. J. R.; SOUZA, S.M.C. Fatores que afetam a qualidade do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.18, n.187, p.5-20, 1997.

CNCAFE - Conselho nacional do Café. Cafés do Brasil. História. Disponível em <<http://www.cncafe.com.br/site/interna.php?id=23>>. Acesso em 11 out. 2016

CASAL, S.; OLIVEIRA, M. B.; FERREIRA, M. A. HPLC/diode-array applied to the thermal degradation of trigonelline, nicotinic acid and caffeine in coffee. **Food Chemistry**, Oxford, v. 68, n. 4, p. 481-485, 2000.

CAVIN, C.; HOLZHÄUSER, D.; SCHARF, G.; CONSTABLE, A.; HUBER, W. W., SCHILTER, B. Cafestol and kahweol, two coffee specific diterpenes with anticarcinogenic activity. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 40, n. 8, p. 1155-1163., 2002.

CHAVES, J.C.D.; MIYAZAWA, M.; BLOCH, M.F.M.; YAMAKAMI, J.K. Estimativa do teor de cafeína nas sementes de café baseada na sua concentração nas folhas de mudas e de plantas adultas. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 3, p. 287-292, 2004.

CLARKE, R.; MACRAE. **Coffee**. v. 1. Londres: Elsevier Applied Science Publishers, 1985. Capítulo 3, p. 83-113

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. (2016). Acompanhamento da safra brasileira: Café – v.3. Safra 2016. n. 3. Terceiro Levantamento. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_09_22_09_06_12_boletim_cafe_-_setembro_2016.pdf>. Acesso em: 08 out. 2016.

DAGLIA, M.; RACCHI, M.; PAPETTI, A.; LANNI, C.; GOVONI, E.; GAZZANI, G. In vitro and ex vivo antihydroxyl radical activity of green and roasted coffee. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.52, n.5, p. 1700-1704, 2004.

DAVIS, G. E.; GARWOOD, V. W.; BARFUSS, D. L.; HUSAINI, S. A.; BLANC, M. B.; VIANI, R. Chromatographic Profile of Carbohydrates in Commercial Coffees. 2. Identification of Mannitol. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.38, n. 6, p. 1347-1350, 1990.

DE MARIA, C.A.B.; MOREIRA, R.F.A. Cafeína: revisão sobre métodos de análise. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 99-105, 2007.

DE SOUZA, R., M., N.; BENASSI, M. T. Discrimination of commercial roasted and ground coffees according to chemical composition. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v. 23, n. 7, p. 1347-1354, 2012.

DIAS, R. C. E.; BENASSI, M. T. Discrimination between arabica and robusta coffees using hydrosoluble compounds: Is the efficiency of the parameters dependent on the roast degree? **Beverages**, Basel, v. 1, n. 3, p. 127-139, 2015.

DIAS, R. C. E.; CAMPANHA, F. G.; VIEIRA, L. G. E.; FERREIRA, L. P.; POT, D., MARRACCINI, P.; BENASSI, M. T. Evaluation of kahweol and cafestol in coffee tissues and roasted coffee by a new high-performance liquid chromatography methodology. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 58, n. 1, p. 88–93, 2010.

DIAS, R. C. E.; FARIA, A. F.; MERCADANTE, A. Z.; BRAGAGNOLO, N.; BENASSI, M. T. Comparison of extraction methods for kahweol and cafestol analysis in roasted coffee. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v. 24, n. 3, p. 492-499, 2013

DIAS, R. C. E.; FARIA, A. F.; BRAGAGNOLO, N.; MERCADANTE, A. Z.; BENASSI, M. T. Roasting process affects the profile of diterpenes in coffee. **European Food Research & Technology**, Berlin, v. 239, n. 6, p. 1-961-967, 2014.

EMBRAPA. (2013). **Notícias: Espírito Santo lança três novas variedades de café conilon de alta produtividade e bebida superior**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1494648/espírito-santo-lança-tres-novas-variedades-de-café-conilon-de-alta-produtividade-e-bebida-superior>>. Acesso em 25 Abr. 2016.

EMBRAPA. **Características das principais variedades de café cultivadas em Rondônia**. Porto Velho, 2004.

EUROMONITOR INTERNATIONAL. **Tendências do Mercado de Café – Relatório para ABIC**. Abril de 2016. Disponível em: <<http://www.consorcioesquisacafe.com.br/index.php/imprensa/noticias/482-consumo>>. Acesso em: 08 out. 2016

FARAH, A.; DONANGELO, C.M. Phenolic compounds in coffee. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v.18, n. 1, p. 23-36, 2006.

FARAH, A.; MONTEIRO, M. C.; CALADO, V.; FRANCA, A. S.; TRUGO, L. C. Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. **Food Chemistry**, Barking, v. 98, n. 2, p. 373 – 380, 2006.

FERNANDES, S. M.; PEREIRA, R. G. F. A.; PINTO, N. A. V. D.; NERY, M. C.; PÁDUA, F. R. M. Constituintes químicos e teor de extrato aquoso de cafés arábica (*Coffea arabica* L.) e conilon (*Coffea canephora* Pierre) torrados. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 5, p. 1076 – 1081, 2003.

- FRANCA, A. S.; OLIVEIRA, L. S. Coffee and its by-products as sources of bioactive compounds. In: Massey, J. L. (Ed). **Coffee: Production, Consumption and Health Benefits**, 1 Ed. New York: Nova Publishers. 2016. p. 1-28.
- FROST-MEYER, N.J.; LOGOMARSINO, J.V. Impact of coffee components on inflammatory markers: A review, **Journal of Functional Foods**, Winnipeg, v. 4, n. 4, p. 819-830, 2012
- GAASCHT, F.; DICATO, M.; DIEDERICH, M. F. Coffee provides a natural multitarget pharmacopeia against the hallmarks of cancer. **Genes & Nutrition**, New Orleans, v. 10, n. 51, p. 1-17, 2015.
- GEORGE, S.E.; RAMALAKSHMI, K.; RAO, L.J. M. A Perception on health benefits of coffee. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 48, n.5, p. 464–486, 2008
- GINZ, M.; BALZER, H. H.; BRADBURY, A. G. W.; MAIER, H. G. Formation of aliphatic acids by carbohydrate degradation during roasting of coffee. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 211, n. 6, p. 404–410, 2000.
- GLADE, M. J. Caffeine – Not just a stimulant. **Nutrition**, New York, v. 26, n. 10, p. 932–938, 2010.
- GLOESS, A. N.; SCHÖNBÄCHLER, B.; KLOPPROGGE, B.; D'AMBROSIO, L. CHATELAIN, K.; BONGARTZ, A.; STRITTMATTER, A.; RAST, M.; YERETZIAN, C. Comparison of nine common coffee extraction methods: instrumental and sensory analysis. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 236, n. 4, p. 606–627, 2013.
- HEČIMOVIĆ, I.; BELŠČAK-CVITANOVIC, A.; HORZIC, D.; KOMES, D. Comparative study of polyphenols and caffeine in different coffee varieties affected by the degree of roasting. **Food Chemistry**, Oxford, v.129, n.3, p. 991–1000, 2011.
- HIGDON, J. V.; FREI, B. Coffee and health: a review of recent human research. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 46, n. 2, p. 101-123, 2006.
- HIGGINS, L. G.; CAVIN, C.; ITOH, K.; YAMAMOTO, M.; HAYES, J. D. Induction of cancer chemopreventive enzymes by coffee is mediated by transcription factor Nrf2. Evidence that the coffee-specific diterpenes cafestol and kahweol confer protection against acroleína. **Toxicology and Applied Pharmacology**, New York, v. 226, n. 3, p. 328 – 337, 2008.
- HIRAKAWA, N.; OKAUCHI, R.; MIURA, Y.; YAGASAKI, K. Anti-invasive activity of niacin and trigonelline against cancer cells. **Bioscience Biotechnology and Biochemistry**, Tokyo, v. 69, n. 3, p.653–658, 2005.
- IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola - março 2016**. Rio de Janeiro, v. 29, n. 3, p. 1-79, 2016.
- ICO - International Coffee Organization. **A história do Café**. 2016. Disponível em : <http://www.ico.org/pt/coffee_storyp.asp>. Acesso em 11 out. 2016.

ISO - International Standard ISO 9000: 2000. Quality management systems – Fundamentals and vocabulary. 2000. 29 p.

KEMSLEY, E. K.; RUAULT, S.; WILSON R.H. Discrimination *between Coffea arabica* and *Coffea canephora* variant robusta beans using infrared spectroscopy. **Food Chemistry**, Barking, v. 54, n. 3, p. 321-326, 1995.

KITZBERGER, C. S. G.; SCHOLZ, M. B. S. ; BENASSI, M. T. Bioactive compounds content in roasted coffee from traditional and modern *Coffea arabica* cultivars grown under the same edapho-climatic conditions. **Food Research International**, Essex, v. 61, p. 61-66, 2014.

KURZROCK, T.; SPEER, K. Diterpenes and diterpeno esters in coffee. **Food Reviews International**, New York, v. 17, n.4, p. 433-450, 2001.

KY, C. L.; LOUARN, J.; DUSSERT, S.; GUYOT, B.; HAMON, S.; NOIROT, M. Caffeine, trigonelline, chlorogenic acid and sucrose diversity in wild *Coffea arabica* L. and *C. canephora* P. accessions. **Food Chemistry**, Barking, v.75, n.2, p.223-230, 2001.

LAGO, R. C. A. Lipídios em grãos de café. **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v.19, n.2, p. 319-340, 2001.

LARSSON, S. C.; WOLK, A. Coffee consumption and risk of liver cancer: A meta-analysis **Gastroenterology**. Bethesda, v.132. n. 5, p. 1740–1745, 2007.

LEE, K. J.; CHOI, J. H.; JEONG, H. G. Hepatoprotective and antioxidant effects of the coffee diterpenes kahweol and cafestol on carbon tetrachloride-induced liver damage in mice. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 45, n. 11, p. 2118–2125, 2007.

LELOUP, V.; LIARDON, R. Analytical characterization of coffee carbohydrates. ASIC 15° Colloque, Montpellier, v.45, p.863-865, 1993.

LEROY, T.; RIBEYRE, F.; BERTRAND B.; CHARMETANT, P.; DUFOUR, M.; MONTAGNON, C.; MARRACINI, P.; POT, D. Genetics of coffee quality. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v.18, n.1, p. 229-242, 2006.

LUDWIG, I. A.; CLIFFORD, M. N.; LEAN, M. E. J.; ASHIHARAD, H.; CROZIER, Coffee: biochemistry and potential impact on health. **Food and Function**, Cambridge, v. 5, n. 8, p. 1695–1717, 2014.

MANACH, C.; SCALBERT, A.; MORAND, C.; REMESY, C.; JIMENEZ, L. Polyphenols: food sources and bioavailability. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.79, n. 5, p.727–747, 2004

MAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Culturas: Café**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/cafe/saiba-mais>>. Acesso em: 03 ago. 2016.

MAZZAFERA, P. Chemical composition of defective coffee beans. **Food Chemistry**, Barking, v. 64, n.4, p. 547-574, 1999.

MEJIA, E.G.; RAMIREZ-MARES, M.V. Impact of caffeine and coffee on our health. **Trends in Endocrinology and Metabolism**, New York, v. 25, n.10, 2014.

MENDES, L. C.; MENEZES, H. C.; SILVA, M. A. A. P. Optimization of the roasting of robusta coffee (*C. canephora* conillon) using acceptability tests and RSM. **Food Quality and Preference**, Barking, v.12, n. 2, p. 153-162, 2001.

MENDONÇA, R. F.; RODRIGUES, W. N.; MARTINS, L. D.; TOMAZ, M. A. Abordagem sobre a bienalidade de produção em plantas de café. Eciopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, n.13; 2011. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2011b/ciencias%20agrarias/abordagem%20so bre%20a%20bienalidade.pdf>> . Acesso em: 11 out. 2016.

MONTAGNON, C; GUYOT, B.; CILAS, C.; LEROY, T. Genetic parameters of several biochemical compounds from green coffee, *Coffea canephora*. **Plant Breeding**, Berlin, v. 117, p. 576-578, 1998.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

MOURA, S. C. S. R; GERMER, S. P. M.; ANJOS, V. D.A.; MORI, E. E. M.; MATTOSO, L. H. C.; FIRMINO, A.; NASCIMENTO, C. J F. Avaliações físicas, químicas e sensoriais de blends de café *C. arabica* com *canephora* (robusta). **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 10, n. 4, p. 271-277, 2007.

MURIEL, P.; ARAUZ, J. Coffee and liver diseases. **Fitorerapia**, Milão, v. 81, n. 5, p. 297-305, 2010.

NICOLI, M. C.; ANESE, M.; MANZOCO, L.; LERICI, C. R. Antioxidant properties of coffee brews in relation to the roasting degree. **LWT - Food Science and Technology**, London, v.30, n.3, p.292-297, 1997.

NOGUEIRA, M.; TRUGO, L. C. Distribuição de isômeros de ácido clorogênico e teores de cafeína e trigonelina em cafés solúveis brasileiros. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.23, n.2, p.296-299, 2003.

NUNES, M. F.; COIMBRA, M. A. Chemical characterization of the high molecular weight material extracted with hot water from green and roasted Arabica coffee. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, Washington, v.49, n.4, p.1773-1782, 2001.

OOSTERVELD, A.; VORAGEN, A. G. J.; SCHOLS, H. A. Effect of roasting on the carbohydrate composition of *Coffea arabica* beans. **Carbohydrate Polymers**, Oxford, v. 54, n. 2, p. 183-192, 2003.

PACETTI, D.; BOSELLI, E.; BALZANO, M.; FREGA, N. G. Authentication of italian espresso coffee blends through the GC peak ratio between kahweol and 16-O-methylcafestol. **Food Chemistry**, Barking, v. 135, n. 3, p. 1569-1574, 2012.

PAULINO, A. J.; MATIELLO, J. B.; PAULINI, A. E.; BRAGANÇA, J. B. **Cultura do café conilon** (instruções técnicas sobre a cultura de café no Brasil). Rio de Janeiro: IBC/DIPRO, 1987. 43 p.

PERRONE, D.; FARAH, A; DONANGELO, C. M. Influence of coffee roasting on the incorporation of phenolic compounds into melanoidins and their relationship with antioxidant activity of the brew. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.60, n. 17, p. 4265-4275, 2012.

PERRONE, D.; DONANGELO, C. M.; FARAH, A. Fast simultaneous analysis of caffeine, trigonelline, nicotinic acid and sucrose in coffee by liquid chromatography-mass spectrometry. **Food Chemistry**, Barking, v. 110, n. 4, p. 1030-1035, 2008.

PETRACCO, M. Technology IV: beverage preparation: brewing trends for the new millennium. In: **Coffee Recent Developments**; Clarke, R.J., Vitzthum, O.G., Eds.; Blackwell Science: Berlin, 2001.

PETTITT JR., B. C. Identification of the diterpene esters in arabica and canephora coffees. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.35, n. 4, p. 549-551, 1987.

POERNER-RODRIGUES, N.; TOLEDO BENASSI, M.; BRAGAGNOLO, N. Scavenging capacity of coffee brews against oxygen and nitrogen reactive species and the correlation with bioactive compounds by multivariate analysis. **Food Research International**, Essex v. 61, p. 228-235, 2014.

RENA, A. B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, n.126, p.26-40, 1985.

RODRIGUES, C. I.; MARTA, L.; MAIA, R.; MIRANDA, M.; RIBEIRINHO, M.; MÁGUAS, C. Application of solid-phase extraction to brewed coffee caffeine and organic acid determination by UV/HPLC. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 20, n.5, p. 440-448, 2007.

ROGINSKY, V.; LISSI, E. A. Review of methods to determine chain-breaking antioxidant activity in food. **Food Chemistry**, Barking, v. 92, n. 2, p. 235-254, 2005.

ROGERS, W.J.; MICHAUX, S.; BASTIN, M.; BUCHELI, P. Changes to the content of sugars, sugar alcohols, myo-inositol, carboxylic acids and inorganic anions in developing grains from different varieties of robusta (*Coffea canephora*) and arabica (*C. Arabica*) coffees. **Plant Science**, Limerick, v. 149, n.3, p. 115-123, 1999.

SÃO PAULO. (2010). Resolução SAA (Secretaria de Agricultura e Abastecimento) nº 19, de 5 de abril de 2010. Define Norma de Padrões Mínimos de Qualidade para Café Torrado em Grão e Torrado e Moído – Característica: Café tradicional.

Disponível em:

<<http://www.abic.com.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=58#leisr>>. Acesso em: 11 set. 2016.

SÃO PAULO. (2007a). Resolução SAA (Secretaria de Agricultura e Abastecimento) nº 30, de 22 de junho de 2007. Define Norma de Padrões Mínimos de Qualidade para Café Torrado em Grão e Torrado e Moído - Característica Especial: Café Superior. Disponível em:

<<http://www.abic.com.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=58#leisr>>. Acesso em: 11 set. 2016.

SÃO PAULO. (2007b). Resolução SAA (Secretaria de Agricultura e Abastecimento) nº 31, de 22 de junho de 2007. Define Norma de Padrões Mínimos de Qualidade para Café Torrado em Grão e Torrado e Moído. Disponível em: <<http://www.abic.com.br/publicue/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=58#leisr>>. Acesso em: 11 set. 2016.

SCHARNHOP, H; WINTERHALTER, P. Isolation of coffee diterpenes by means of high-speed countercurrent chromatography. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 22, n. 3, p. 233–237, 2009.

SPEER, K.; SPEER-KÖLLING. I. The lipid fraction of the coffee bean – Minireview, **Brazilian Journal Plant Physiology**, Londrina, v.18, n. 1, p.201-216, 2006.

SPEER, K.; SPEER-KÖLLING. 1 C Lipids. In: **Coffee Recent Developments**; Clarke, R.J., Vitzthum, O.G., Eds.; Blackwell Science: Berlin, 2001.

SPEER, K.; TEWIS, R.; MONTAG, A. 16-O-methylcafestol a quality indicator for coffee. In: International Scientific Colloquium On Coffee - ASIC, 1991, San Francisco: **Proceedings...** San Francisco, 1991. p. 237-244.

SUNARHARUM, W. B.; WILLIAMS, D. J.; SMYTH, H. E. Complexity of coffee flavor: A compositional and sensory perspective. **Food Research International**, Essex, v. 62, n.1, p. 315–325, 2014.

TRUGO, L. C.; MACRAE, R. A study of the effect of the roasting on the chlorogenic acid composition of coffee using HPLC. **Food Chemistry**, Barking, v. 15, n. 3, p. 219-227, 1984.

TRUGO, L. C.; MOREIRA, R. F. A.; DE MARIA, C. A. B. Componentes voláteis do café torrado. Parte II: Compostos alifáticos, alicíclicos e aromáticos. **Química Nova**, São Paulo, v.23, n.2, p.195-203, 2000.

URGERT, R.; MEYBOOM, S.; KUILMAN, M.; REXWINKEL, H.; VISSERS, M. N.; KLERK, M.; KATAN, M. B. Comparison of effect of cafetiere and filtered coffee on serum concentrations of liver aminotransferases and lipids: six month randomised controlled trial. **British Medical Journal**, London, v. 313, n. 30, p. 1362-1366, 1996.

URGERT, R.; VAN DER WEG, G.; KOSMEIJER-SCHUIL, T.G.; VAN DE BOVENKAMP, P.; HOVENIER, R.; KATAN, M.B. Levels of the cholesterol- elevating diterpenes cafestol and kahweol in various coffee brews. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 43, n. 8, p. 2167-2172, 1995.

VAN DIJK, A.E.; OLTHOF, M.R.; MEEUSE, J.C.; SEEBUS, E.; HEINE, R.J.; VAN DAM RM. Acute effects of decaffeinated coffee and the major coffee components chlorogenic acid and trigonelline on glucose tolerance, **Diabetes Care**, Alexandria, v. 32, n. 6, p. 1023-1025, 2009.

VERARDO, G.; CECCONI, F.; GEATTI, P.; GIUMANINI, A.G. New procedures for determination of acids in coffee extracts, and observations on the development of acidity upon ageing. **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, New York, v.374, n.5, p.879-885, 2002.

VIANI, R.; HORMAN, I. Thermal behavior of trigonelline. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 39, n.6, p. 1216-1217, 1974.

VIGNOLI, J. A.; BASSOLI, D. G.; BENASSI, M. T. Antioxidant activity, polyphenols, caffeine and melanoidins in soluble coffee: The influence of processing conditions and raw material. **Food Chemistry**, Barking, v. 124, n. 2, p. 863-868, 2011.

VIGNOLI, J. A.; VIEGAS, M. C.; BASSOLI, D. G.; BENASSI, M. T. Roasting process affects differently the bioactive compounds and the antioxidant activity of arabica and robusta coffees, **Food Research International**, Essex, v. 61, 279-285, 2014.

VIGNOLI, J. A.; VIEGAS, M. C.; BASSOLI, D. G.; BENASSI, M. T. Coffee brews preparation: extraction of bioactive compounds and antioxidant activity. In: Massey, J. L. (Ed). **Coffee: Production, Consumption and Health Benefits**, 1 Ed. Nova Iorque: Nova Publishers. 2016. p. 29-49.

ZHANG, C.; LINFORTH, R.; FISK, I. D. Cafestol extraction yield from different coffee brew mechanisms. **Food Research International**, Essex, v.49, n.1, p. 27-31, 2012

YOSHINARI, O.; IGARASHI, K. Antidiabetic Effects of Trigonelline: Comparison with Nicotinic Acid. In: Preedy, V.R. (Ed.). **Coffee in Health and Disease Prevention**, 1 Ed. Londres, Inglaterra: Elsevier. 2015. p. 765-775.

ZANIN, R. C.; CORSO, M. P.; KITZBERGER, C. S. G.; SCHOLZ, M. B. S.; BENASSI, M. T. Good cup quality roasted coffees show wide variation in chlorogenic acids content. **LWT - Food Science and Technology**, Londres, v. 74, p. 480 – 483, 2016.

CAPÍTULO 2

DITERPENOS EM *Coffea canephora*

(Artigo publicado na revista Journal of Food Composition and Analysis, Volume 52, p. 52-57, 2016).

Diterpenos em *Coffea canephora*

Resumo

Os diterpenos presentes no café têm recebido atenção nos últimos anos pelos seus efeitos fisiológicos na saúde humana. Alguns estudos relacionados ao teor de caveol e cafestol em *Coffea arabica* estão disponíveis na literatura, entretanto há falta de informação sobre o impacto da variabilidade genética no perfil de diterpenos em *Coffea canephora*. Neste trabalho, avaliaram-se os teores de caveol, cafestol e 16-O-metilcafestol de 15 genótipos de *C. canephora*. Os cafés eram correspondentes a três cultivares - Diamante ES8112, ES8122 'Jequitibá' e Centenária ES8132 (5 genótipos por cultivar) com diferentes épocas de maturação de frutos (precoce, intermediária e tardia). Os cafés foram cultivados em dois locais do estado do Espírito Santo, maior região produtora no Brasil, resultando em 30 amostras. Caveol estava ausente em 70% das amostras, sendo a maior concentração observada de 14,1 mg 100g⁻¹ na cultivar Jequitibá. Cafestol estava presente em todas as amostras, em teores variando de 151,7 mg 100g⁻¹ a 359,7 mg 100g⁻¹, sendo o diterpeno observado em maior quantidade. Os teores de 16-O-metilcafestol variaram de 26,3 mg 100g⁻¹ a 132,1 mg 100g⁻¹. Observou-se diferença significativa entre os genótipos e houve interação entre genótipos e local de cultivo para os três diterpenos estudados.

Palavras-chave: caveol; cafestol; 16-O-metilcafestol; UPLC; conilon; Diamante ES8112; ES8122 'Jequitibá'; Centenária ES8132; análise de alimentos; composição de alimentos.

2.1 Introdução

Os principais compostos da matéria insaponificável da fração lipídica do café são os diterpenos caveol e cafestol. O consumo de bebidas não filtradas de café tem sido associado a um possível aumento dos níveis séricos do colesterol e lipoproteínas de baixa densidade, atribuído principalmente a atividade hipercolesterolêmica do cafestol (Cano-Marquina et al., 2013; Higdon e Frei, 2006; Urgert et al., 1995; Urgert et al., 1996). Entretanto, estudos têm destacado os efeitos

benéficos à saúde da ingestão de diterpenos, pela atividade anticarcinogênica, anti-inflamatória e antioxidante (Cavin et al., 2002; Kim et al., 2006; Gaascht et al., 2015; Higgins et al., 2008; Lee et al., 2007; Muriel e Arauz, 2010; Wang et al., 2012), sugerindo que o consumo moderado de café reduz o risco ou a severidade de diversas doenças (Freedman et al., 2012) e está associado a uma redução do risco de morte (Ding et al., 2016).

Entre as espécies de café mais importantes comercialmente, o *Coffea canephora* destaca-se pela rusticidade e vigor, sendo adaptada a regiões de baixa altitude e altas temperaturas e resistente a deficiências hídricas prolongadas. A partir do *C. canephora* se produz uma bebida com baixa acidez, com aroma mais fenólico, picante e amadeirado, com gosto amargo mais acentuado, com elevada adstringência e corpo, que é empregada diretamente na produção de café solúvel e em blends com *Coffea arabica* para o café torrado (Clarke e Macrae, 1985; Williams et al., 1989). O Brasil é o segundo maior produtor mundial de *C. canephora* com uma produção de 13,3 milhões de sacas de 60 kg na safra de 2015/2016 (USDA, 2016), concentrada nos estados de Espírito Santo (70%) e Rondônia (15%) (CONAB, 2016; MAPA, 2016).

A diversidade genética contribui para a ampla variação do perfil de diterpenos em diferentes espécies e variedades de café (Benassi e Dias, 2015; Kitzberger et al., 2013; Speer e Kölling-Speer, 2006). Os diterpenos têm sido estudados como possíveis discriminadores das espécies *C. canephora* e *C. arabica* em *blends* de cafés torrados (De Souza e Benassi, 2012; Speer e Kölling-Speer, 2006). Teores de diterpenos em *C. arabica* são conhecidos, mas a literatura é muito limitada e apresenta informações discrepantes para *C. canephora*. De forma geral, o *C. canephora* se diferencia pelos menores teores de caveol em relação ao *C. arabica* (Campanha et al., 2010; De Souza e Benassi, 2012; Speer e Kölling-Speer, 2006) e pela presença de um diterpeno específico, 16-O-metilcafestol (Pettitt, 1987; Speer et al., 1991). Em uma recente revisão da literatura, Benassi e Dias (2015) relataram, para café *C. canephora* de diversos países e com diferentes condições de torra, teores de 76 a 363 mg de cafestol 100g^{-1} e de ausência a teores inferiores a 14 mg de caveol 100g^{-1} . Para 16-O-metilcafestol, existem poucos dados disponíveis, sendo citados teores de 100,8 mg 100g^{-1} a 198,0 mg 100g^{-1} em café torrado (Schievano et al., 2014).

No programa de melhoramento genético do *C. canephora* do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper, Espírito Santo, Brasil) existe ampla variabilidade de genótipos sendo estudados para diferentes características agronômicas (Ferrão et al., 2009). Nove cultivares foram desenvolvidas e indicadas para o Estado do Espírito Santo, das quais oito são clonais e uma de multiplicação por sementes.

As cultivares clonais são formadas pelo agrupamento de clones compatíveis de *C. canephora*, das quais se destacam Diamante ES8112, ES8122 'Jequitibá' e Centenária ES8132, que apresentam diferentes épocas de maturação de frutos (precoce, intermediária e tardia, respectivamente). Cada cultivar clonal é formada por, no mínimo, nove clones usados na obtenção das lavouras (Incaper, 2016a, 2016b, 2016c).

Considerando o interesse pelo estudo do perfil de diterpenos, a restrita disponibilidade de dados para *C. canephora*, e a importância do Brasil como produtor dessa espécie de café, o objetivo do trabalho foi avaliar o teor de caveol, cafestol e 16-O-metilcafestol em 15 clones (aqui denominados genótipos) de *C. canephora* das cultivares Diamante ES8112, ES8122 'Jequitibá' e Centenária ES8132, cultivados em duas regiões.

2.2 Materiais e métodos

2.2.1 Reagentes, padrões e equipamentos

Para extração e preparo da fase móvel foram utilizados hidróxido de potássio - KOH grau analítico (F. Maia, São Paulo, Brasil), etanol 96% grau analítico (Êxodo Científica, Hortolândia, Brasil), acetonitrila grau HPLC (Fischer Scientific, Bridgewater, NJ, EUA), e metil terc-butil éter - MTBE grau HPLC (Acrós Organics, Morris Plains, NJ, EUA). Foram utilizados padrões de caveol e cafestol (Axxora, San Diego, CA, EUA) com pureza de 98% certificada por Alexis Biochemicals (Lausen, Suíça) e 16-O-metilcafestol (Fluka-Sigma-Aldrich, Saint Louis, MO, EUA) com pureza de 98,6%. A água empregada para preparo de padrões e soluções foi obtida por sistema de purificação e filtração Elga Purelab Option-Q (Veolia Water Technologies, Saint-Maurice, França). Foram empregadas membranas de nylon de 0,22 µm para

filtração da fase móvel (Millipore, Billerica, MA, EUA) e amostras (Whatmann, Maidstone, Reino Unido).

Para as análises cromatográficas foi utilizado cromatógrafo líquido de ultra eficiência Waters Acquity (Waters, Milford, MA, EUA) equipado com injetor automático de amostras, sistema de bombeamento quaternário de solvente, termostatizador de coluna e detector de arranjo de diodos, controlados pelo programa Empower 3.

Para análise de cor, utilizou-se colorímetro Minolta CR-410 (Konica Minolta Sensing Inc., Osaka, Japão) para obter L^* (luminosidade), coordenadas cromáticas a^* (componente vermelho-verde) e b^* (componente amarelo-azul) no sistema CIE LAB. As análises foram realizadas com iluminação padrão C e ângulo de 10° para observador.

Para análise de umidade, utilizou-se analisador gravimétrico de umidade MB 45 (Ohaus, Barueri, Brasil) acoplado com lâmpada halógena. As análises foram realizadas a 105°C até peso constante.

2.2.2 Material genético e preparo

Foram utilizados 15 materiais genéticos (genótipos) da espécie *C. canephora*, oriundos do programa de melhoramento genético do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER, Espírito Santo, Brasil). Estes genótipos são agronomicamente divergentes e componentes de cultivares com épocas de maturação dos frutos distintas: precoce (genótipos 101P, 103P, 105P, 106P e 108P, componentes da cultivar Diamante ES8112), intermediária (genótipo 201I, 202I, 203I, 207I e 209I, componentes da cultivar ES8122 'Jequitibá') e tardia (genótipo 301T, 302T, 303T, 306T e 307T, componentes da cultivar Centenária ES8132). Foram estudados cinco do total de nove genótipos que compõe cada cultivar.

Foram coletadas amostras em lavouras demonstrativas conduzidas em duas condições experimentais distintas e com 36 meses de idade: a) Fazenda Experimental de Marilandia (FEM) – localizada no município de Marilandia, ES, região Noroeste do Estado, em latitude $19^\circ24'$, longitude $40^\circ31'$, altitude de 104 m, solo do tipo Latossolo Vermelho Amarelo, seco e quente, com temperatura média anual de $24,2^\circ\text{C}$ e precipitação anual acumulada de 1129 mm e; b) Fazenda Experimental de

Bananal do Norte (FEBN), município de Cachoeiro do Itapemirim, ES, situada na região Sul, em latitude 20°75', longitude 41°29', altitude de 146 m, solo do tipo Latossolo Vermelho Amarelo, seco com temperatura média anual de 23,82°C e precipitação média anual acumulada de 1086 mm.

As amostras (500 gramas) foram coletadas no ano de 2014, no período da colheita compreendido entre maio e julho. Iniciou-se a colheita manual dos genótipos de maturação precoce (maio), seguida pelos de maturação intermediária (junho) e os de maturação tardia (julho). Foram colhidos somente frutos maduros no estágio cereja. Os cafés foram secos de forma natural, em terreiros a pleno sol, beneficiados e selecionaram-se os grãos limpos sem defeitos e de tamanho de peneira 16 (6,5 mm) (Brasil, 2003). Os cafés verdes foram armazenados em sacos plásticos a temperatura ambiente até a torra em outubro de 2014.

Os cafés (100 g) foram torrados em torrador piloto a gás Rod Bel (Rod-Bel, São Paulo, Brasil) por tempos de 17 min a 29 min, e temperaturas entre 210 °C e 230 °C. A diversidade no processo foi devida a diferenças de tamanho e características dos grãos, mas o grau de torra foi padronizado de maneira a obter perda de peso de $16,5 \pm 0,4 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$, similar ao descrito por Mendes et al. (2001) como o grau de torra ótimo para *C. canephora*.

As amostras foram moídas utilizando um moinho de bancada Burr grinder GVX 2 (Krupps, Shanghai, China). Os cafés moídos apresentaram uma granulometria fina (0% retido em malha com abertura 1,18 mm; 70% retido em malha com abertura 0,60 mm e 30% passante em malha com abertura 0,60 mm - fundo) de acordo com a Associação Brasileira das Indústrias de Café (ABIC) (ABIC, 2016). Os cafés torrados e moídos apresentaram L^* de $25,3 \pm 1,4$, a^* de $8,2 \pm 0,5$, b^* de $10,6 \pm 1,9$ e umidade de $0,8 \pm 0,1 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$. As amostras foram armazenadas em sacos plásticos e mantidas sob refrigeração a 8 °C e analisadas na sequência.

2.2.3 Determinação de cafeol, cafestol e 16-O-metilcafestol

A extração foi realizada conforme descrito por Dias et al. (2010). As amostras (0,2000 g) foram saponificadas com 2,0 mL de hidróxido de potássio $2,5 \text{ mol L}^{-1}$ em etanol (96% v/v) a 80 °C por 1 h. Foi adicionado 2,0 mL água destilada e na sequência 2,0 mL de metil terc-butil éter para a extração da fração

insaponificável, seguida de agitação e centrifugação (3 min a 3000 rpm a temperatura ambiente) e da coleta da fase orgânica. Esta última etapa do procedimento foi repetida três vezes. Água destilada (2 mL) foi adicionada para limpeza e o extrato orgânico foi coletado e evaporado em banho de água (70 °C) até secura. Após ressuspensão com 4,5 mL da fase móvel (45:55 de água e acetonitrila), o extrato foi filtrado e acondicionado em vial. As extrações foram feitas em duplicada.

A análise foi realizada conforme método desenvolvido e validado por Dias et al. (2010) e modificado por Wuerges et al. (2016). Empregou-se coluna Kinetex 2.6 μm C18 (150 mm x 4,6 mm) (*Phenomenex, Torrance, CA, EUA*) a 26 °C, com detecção no comprimento de absorção máxima de cada diterpeno: 230 nm (cafestol e 16-O-metilcafestol) e 290 nm (caveol). Foi empregada eluição isocrática com fase móvel na proporção de 45:55 de água e acetonitrila, vazão de 1,2 mL min⁻¹, volume de injeção de 1,4 μL . O tempo total de corrida cromatográfica foi 7 min. A injeção dos extratos foi feita em duplicata.

A identificação dos compostos foi feita com base nos tempos de retenção e espectro no UV. A quantificação foi feita por padronização externa, construindo-se curvas analíticas na faixa de 2 a 200 $\mu\text{g mL}^{-1}$, com 6 pontos em triplicata ($r \geq 0,999$, $p < 0,001$), correspondendo a 4,5 mg 100g⁻¹, e 450,0 mg 100g⁻¹, respectivamente.

Considerando os parâmetros da curva analítica (ICH, 2005), foi obtido limite de detecção (LD) de 0,5 $\mu\text{g mL}^{-1}$ para os três compostos e limites de quantificação (LQ) de 1,4 $\mu\text{g mL}^{-1}$, 1,6 $\mu\text{g mL}^{-1}$ e 1,5 $\mu\text{g mL}^{-1}$ (correspondendo a 3,2 mg 100g⁻¹, 3,6 mg 100g⁻¹, e 3,4 mg 100g⁻¹) para caveol, cafestol e 16-O-metilcafestol, respectivamente. Os teores dos diterpenos foram expressos em base seca (bs).

2.2.4 Tratamento estatístico

Para avaliação do efeito do local de cultivo e da variabilidade genética, os resultados foram submetidos à análise variância e teste de Tukey ($p \leq 0,05$) empregando o programa livre SISVAR versão 5.6 (SISVAR, 2016). Considerou-se como tratamentos, o local/fazenda experimental (principal/parcela) e o genótipo (secundária/sub-parcela) em um esquema de parcelas subdivididas. Se ocorrer interação ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos, há indicação que os teores de diterpenos em cada genótipo sofreram influência diferenciada em relação ao local de cultivo.

2.3 Resultados e Discussão

As tabelas 2.1, 2.2 e 2.3 mostram, respectivamente, os teores de caveol, cafestol e 16-O-metilcafestol dos 15 diferentes genótipos de *C. canephora* em dois locais de cultivo. O total de diterpenos (soma dos teores de caveol, cafestol e 16-O-metilcafestol) variou de 191,1 mg 100g⁻¹ a 414,6 mg 100g⁻¹, e verificou-se que o cafestol representou a maior fração, com contribuição percentual de 66% a 90% do total de diterpenos.

As cultivares Diamante, Jequitibá e Centenária apresentaram de ausência (abaixo do LQ de 3,2 mg 100g⁻¹) a teores médios de caveol de 5,3 mg 100g⁻¹ (Tabela 2.1). A variação no teor médio de cafestol foi entre 200,1 mg 100g⁻¹ e 264,2 mg 100g⁻¹ (Tabela 2.2). Estes valores estão em concordância com a literatura que reporta teores que variam da ausência a valores inferiores a 14 mg de caveol·100g⁻¹ e de 76 a 363 mg de cafestol·100g⁻¹ para *C. canephora* de diversos países e com diferentes condições de torra (Campanha et al., 2010; De Souza e Benassi, 2012; Lercker et al., 1996; Sridevi et al., 2011).

Para os teores de caveol houve diferença ($p < 0,000$) entre genótipos, mas não entre os locais de cultivo ($p = 0,117$). Em média, valores mais altos de caveol foram observados na cultivar Jequitibá, de maturação intermediária, sendo os maiores teores de caveol (14,1 mg 100g⁻¹ e 10,3 mg 100g⁻¹) encontrados no genótipo 207I, nos dois locais de cultivo. Caveol estava ausente em 70% do total das 30 amostras analisadas (Tabela 2.1). Ocorreu interação entre local de cultivo e o genótipo ($p < 0,000$), indicando que o teor de caveol em cada genótipo sofreu influência do local de cultivo, mas esse efeito foi dependente do genótipo.

Comportamento similar foi observado para cafestol: houve diferença ($p < 0,000$) entre genótipos, mas não entre locais de cultivo ($p = 0,149$). Em média, valores mais altos de cafestol foram observados na cultivar Centenária, de maturação tardia, sendo os maiores teores encontrados nos genótipos 303T e 306T. Para cafestol, também ocorreu interação ($p < 0,000$) entre local de cultivo e genótipo. Teores mais altos de cafestol para os genótipos 303T e 306T foram observados em Marilândia (em torno de 355 mg 100g⁻¹) em comparação com os obtidos para os mesmos genótipos em Bananal do Norte (em torno de 298 mg 100g⁻¹) (Tabela 2.2).

Os genótipos de maturação precoce 101P, 103P e 106P apresentaram os menores teores de cafeol em Marilândia (164,8 mg 100g⁻¹, 172,5 mg 100g⁻¹ e 178,1 mg 100g⁻¹) e o genótipo 103P apresentou o menor teor em Bananal do Norte, 151,7 mg 100g⁻¹ (Tabela 2.2).

Tabela 2.1 - Teores* de cafeol (mg 100g⁻¹) em genótipos de *Coffea canephora* cultivados em diferentes locais de cultivo.

Cultivar	Genótipos	Local / Fazenda Experimental	
		Marilândia	Bananal do Norte
Diamante (maturação precoce)	101P	0,0 ^{Be} ± 0,0	3,7 ^{Ae} ± 0,0
	103P	0,0 ^{Ae} ± 0,0	0,0 ^{Af} ± 0,0
	105P	0,0 ^{Ae} ± 0,0	0,0 ^{Af} ± 0,0
	106P	0,0 ^{Ae} ± 0,0	0,0 ^{Af} ± 0,0
	108P	0,0 ^{Ae} ± 0,0	0,0 ^{Af} ± 0,0
	Média** ± DP (CV%)	0,0 ± 0,0 (0,0)	0,7 ± 1,6 (228,6)
Jequitibá (maturação intermediária)	201I	0,0 ^{Ae} ± 0,0	0,0 ^{Af} ± 0,0
	202I	3,8 ^{Bd} ± 0,3	4,7 ^{Ad} ± 0,0
	203I	8,4 ^{Ab} ± 0,1	8,0 ^{Bb} ± 0,3
	207I	14,1 ^{Aa} ± 0,3	10,3 ^{Ba} ± 0,2
	209I	0,0 ^{Ae} ± 0,0	0,0 ^{Af} ± 0,0
	Média** ± DP (CV%)	5,3 ± 6,0 (113,3)	4,6 ± 4,6 (100,0)
Centenária (maturação tardia)	301T	0,0 ^{Ae} ± 0,0	0,0 ^{Af} ± 0,0
	302T	5,0 ^{Bc} ± 0,1	6,1 ^{Ac} ± 0,3
	303T	0,0 ^{Ae} ± 0,0	0,0 ^{Af} ± 0,0
	306T	0,0 ^{Ae} ± 0,0	0,0 ^{Af} ± 0,0
	307T	0,0 ^{Ae} ± 0,0	0,0 ^{Af} ± 0,0
	Média** ± DP (CV%)	1,0 ± 2,2 (220,0)	1,2 ± 2,7 (225,0)

*Teor médio ± desvio padrão para as duplicatas de extração de cada amostra; Valor zero corresponde a concentrações inferiores ao LQ (3,2 mg 100g⁻¹).

**Teor médio na cultivar ± DP (desvio padrão) e CV (coeficiente de variação) entre genótipos da mesma cultivar.

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na mesma linha não diferem significativamente entre os locais (Tukey, p ≤ 0,05).

Médias seguidas de uma mesma letra minúscula na mesma coluna não diferem significativamente entre os genótipos (Tukey, p ≤ 0,05).

Tabela 2.2 - Teores* de cafestol (mg 100g⁻¹) em genótipos de *Coffea canephora* cultivados em diferentes locais de cultivo.

Cultivar	Genótipos	Local / Fazenda Experimental	
		Marilândia	Bananal do Norte
Diamante (maturação precoce)	101P	164,8 ^{Bg} ± 8,9	234,9 ^{Ae} ± 1,4
	103P	172,7 ^{Afg} ± 2,8	151,7 ^{Bg} ± 1,5
	105P	230,9 ^{Bc} ± 1,4	242,6 ^{Ade} ± 4,6
	106P	178,1 ^{Befg} ± 0,5	235,5 ^{Ae} ± 3,2
	108P	254,0 ^{Ab} ± 0,5	252,4 ^{Ac} ± 3,1
	Média** ± DP (CV%)	200,1 ± 39,8 (19,9)	223,4 ± 40,7 (18,2)
Jequitibá (maturação intermediária)	201I	216,7 ^{Bd} ± 0,4	261,4 ^{Ac} ± 4,1
	202I	231,3 ^{Ac} ± 0,8	233,7 ^{Ae} ± 5,1
	203I	229,7 ^{Bcd} ± 3,0	245,4 ^{Ade} ± 5,8
	207I	226,5 ^{Bcd} ± 1,7	239,0 ^{Ade} ± 6,7
	209I	227,6 ^{Ac} ± 0,8	182,0 ^{Bf} ± 2,7
	Média** ± DP (CV%)	226,4 ± 5,7 (2,5)	232,37 ± 29,9 (18,2)
Centenária (maturação tardia)	301T	237,0 ^{Bc} ± 1,8	275,6 ^{Ab} ± 4,0
	302T	184,7 ^{Aef} ± 1,3	174,9 ^{Bf} ± 6,0
	303T	349,5 ^{Aa} ± 0,3	296,3 ^{Ba} ± 0,1
	306T	359,7 ^{Aa} ± 1,7	300,0 ^{Ba} ± 2,6
	307T	190,3 ^{Ae} ± 3,6	178,4 ^{Bf} ± 6,1
	Média** ± DP (CV%)	264,2 ± 85,0 (32,2)	245,0 ± 63,1 (25,8)

*Teor médio ± desvio padrão para as duplicatas de extração de cada amostra.

**Teor médio na cultivar ± DP (desvio padrão) e CV (coeficiente de variação) entre genótipos da mesma cultivar.

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na mesma linha não diferem significativamente entre os locais (Tukey, $p \leq 0,05$).

Médias seguidas de uma mesma letra minúscula na mesma coluna não diferem significativamente entre os genótipos (Tukey, $p \leq 0,05$).

A comparação com a literatura é dificultada pela limitação nos dados disponíveis para *C. canephora* e porque os teores de diterpenos são expressos em diferentes bases. Speer e Kölling-Speer (2001) relataram teores de caveol inferiores a 10 mg 100g⁻¹ de matéria insaponificável e para cafestol teores até 300 mg 100g⁻¹ de matéria insaponificável em cafés verdes *C. canephora* provenientes do Vietnã, Costa do Marfim, Indonésia, Zaire, Uganda e Nova Guiné. Roos et al. (1997) encontraram caveol em níveis inferiores a 8 mg 100 g⁻¹ e teores de cafestol de 239 mg 100 g⁻¹ e 250 mg 100 g⁻¹ em duas amostras de café verde *C. canephora* da Costa do Marfim. De Souza e Benassi (2012) não detectaram caveol em três cafés torrados *C. canephora* brasileiros, provenientes dos estados de Rondônia e Espírito

Santo. Dias et al. (2010), em estudo utilizando *C. canephora* variedade Apoatã, não detectaram presença de caveol no endosperma do café verde, e reportaram um teor de cafestol de 94 mg 100 g⁻¹. Campanha et al.(2010) relataram valores de 163 mg a 275 mg de cafestol 100g⁻¹ e ausência de caveol para dois cafés *C. canephora* provenientes dos estados de Rondônia e Espírito Santo com diferentes graus de torra.

Apesar de, na média, altos valores de caveol terem sido observados para a cultivar Jequitibá (Tabela 2.1), e de cafestol na cultivar Centenária (Tabela 2.2), não observou-se efeito da época de maturação dos frutos (cultivar precoce, intermediária ou tardia) no teor desses diterpenos, sendo a variação intra-cultivar a mais significativa. Considerando-se os cinco genótipos de cada cultivar, observou-se uma maior variabilidade nos teores de caveol, com valores de coeficiente de variação (CV%) de até 228,6%, comparativamente aos teores de cafestol (CV de até 32,2%) (Tabelas 2.1 e 2.2).

O teor médio de 16-O-metilcafestol para as cultivares Diamante, Jequitibá e Centenária variou de 52,9 mg 100g⁻¹ a 64,1 mg 100g⁻¹, mas não observou-se efeito da época de maturação dos frutos (cultivar precoce, intermediária ou tardia) no teor desse diterpeno. Observou-se CV de 20,3% a 118,9% considerando-se a variabilidade dos cinco genótipos em cada cultivar (Tabela 2.3).

Para os teores de 16-O-metilcafestol houve diferença significativa ($p < 0,000$) entre genótipos, mas também entre locais de cultivo ($p < 0,029$). Esse comportamento foi diferenciado do constatado para caveol e cafestol, onde não se observou um efeito sistemático do local de cultivo.

No geral maiores teores de 16-O-metilcafestol foram observados nos genótipos cultivados em Bananal do Norte. Os maiores teores de 16-O-metilcafestol, foram encontrados no genótipo 108P, maturação precoce, nos dois locais de cultivo (132,1 mg 100g⁻¹ e 120,8 mg 100g⁻¹) (Tabela 2.3). Dois genótipos de maturação precoce (101P, 103P) e um de maturação intermediária (201I) se destacaram por apresentar baixos teores de 16-O-metilcafestol (abaixo de 44,2 mg 100g⁻¹) nos dois locais de cultivo.

Tabela 2.3 - Teores* de 16-O-metilcafesol ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$) em genótipos de *Coffea canephora* cultivados em diferentes locais de cultivo.

Cultivar	Genótipos	Local / Fazenda Experimental	
		Marilândia	Bananal do Norte
Diamante (maturação precoce)	101P	26,3 ^{Bg} ± 0,7	40,8 ^{Aj} ± 0,8
	103P	35,9 ^{Bf} ± 0,7	42,0 ^{Aij} ± 0,6
	105P	34,0 ^{Bf} ± 0,2	47,1 ^{Ahi} ± 1,4
	106P	36,3 ^{Bf} ± 0,4	53,1 ^{Afg} ± 0,1
	108P	132,1 ^{Aa} ± 2,3	120,8 ^{Ba} ± 0,9
	Média** ± DP (CV%)	52,9 ± 44,5 (118,9)	60,8 ± 33,9 (55,8)
Jequitibá (maturação intermediária)	201I	34,8 ^{Bf} ± 0,4	44,2 ^{Ahij} ± 2,0
	202I	49,3 ^{Ae} ± 0,2	46,0 ^{Bhij} ± 2,1
	203I	49,0 ^{Be} ± 1,6	59,7 ^{Ae} ± 1,1
	207I	68,1 ^{Bc} ± 0,5	91,8 ^{Ab} ± 3,6
	209I	77,7 ^{Ab} ± 0,9	78,7 ^{Ac} ± 0,2
	Média** ± DP (CV%)	55,8 ± 17,0 (30,5)	64,1 ± 20,7 (32,3)
Centenária (maturação tardia)	301T	48,9 ^{Be} ± 0,6	59,6 ^{Ae} ± 1,1
	302T	77,2 ^{Bb} ± 0,5	83,3 ^{Ac} ± 1,3
	303T	36,8 ^{Bf} ± 0,7	48,7 ^{Agh} ± 1,5
	306T	54,9 ^{Bd} ± 0,3	58,1 ^{Aef} ± 2,0
	307T	53,9 ^{Bde} ± 0,1	65,1 ^{Ad} ± 3,6
	Média** ± DP (CV%)	54,3 ± 14,6 (26,9)	63,0 ± 12,8 (20,3)

*Teor médio ± desvio padrão para as duplicatas de extração de cada amostra.

**Teor médio na cultivar ± DP (desvio padrão) e CV (coeficiente de variação) entre genótipos da mesma cultivar.

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na mesma linha não diferem significativamente entre os locais (Tukey, $p \leq 0,05$).

Médias seguidas de uma mesma letra minúscula na mesma coluna não diferem significativamente entre os genótipos (Tukey, $p \leq 0,05$).

Para 16-O-metilcafesol, os dados da literatura são ainda mais escassos e com pouco consenso. Para cafés *C. canephora* verdes, são citados desde teores entre 1,0 e 5,0 $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ (Speer e Kölling-Speer, 2006), até na faixa de 60 a 180 $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ (Belitz et al., 2009). Roos et al. (1997) relataram teores de 16-O-metilcafesol de 102 $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ e 154 $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ em cafés verdes da Costa do Marfim. Para café torrado, Schievano et al. (2014) reportam teores de 16-O-metilcafesol de 100,8 $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ a 198,0 $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$. Pacetti et al. (2012) analisaram os teores de diterpenos em 4 cafés torrados de *C. canephora* procedentes da Índia, Vietnã e Costa do Marfim e relataram teores de 16-O-metilcafesol entre $1,62 \times 10^4$ $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ e $2,62 \times 10^4$ $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ de matéria insaponificável.

Pettitt (1987) e Speer et al.(1991), descreveram o 16-O-metilcafesol como presente apenas no *C. canephora* em baixas concentrações e na espécie *Coffea dewevrei*. Por ser termicamente estável, este composto poderia ser utilizado como indicador das espécies *C. arabica* e *C. canephora* no produto torrado (Kemsley et al., 1995). Na Alemanha, a quantificação de 16-O-metilcafesol é preconizada pela norma DIN 10779, publicada em 1999, para avaliação da porcentagem de café *C. canephora* em misturas com *C. arabica* (Speer e Kölling-Speer, 2006). Como o Brasil é o segundo maior produtor desta espécie de café, os teores de 16-O-metilcafesol reportados neste estudo, onde um grande número de genótipos foi avaliado, podem ajudar a estabelecer uma faixa de concentração deste diterpeno em cafés *C. canephora*.

Avaliando-se a ampla faixa de teores de 16-O-metilcafesol obtida neste estudo, de $26,3 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ a $132,1 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$, sugere-se que somente a utilização do teor deste composto poderia não ser suficiente para estimar com segurança o percentual de *C. canephora* em misturas com *C. arabica*. O mesmo problema foi observado por Schievano et al. (2014) que obtiveram uma ampla variação no teor de 16-O-metilcafesol em café torrado de três origens distintas e relataram que esta variação é um obstáculo para quantificação de *C. canephora* em misturas com *C. arabica* independente do método analítico utilizado.

De Souza and Benassi (2012) propuseram o uso da relação caveol/cafesol como uma ferramenta adicional para estimar a presença de *C. canephora* em blends com *C. arabica*. Estes autores apontaram que uma relação caveol/cafesol acima de 1,00 é um indicativo de *C. arabica* e que a adição de *C. canephora* deve diminuir a relação caveol/cafesol. Neste estudo foi obtida uma relação caveol/cafesol entre 0,00 e 0,06, de acordo com De Souza and Benassi (2012) na qual esta relação de caveol/cafesol é um indicativo de *C. canephora*. Considerando os resultados obtidos, foi proposto que o uso combinado do teor de 16-O-metilcafesol e da relação caveol/cafesol pode ser útil para a discriminação de espécies de café.

2.4 Conclusões

O perfil de diterpenos dos genótipos de *C. canephora* estudados reforça a ampla variação nos teores de caveol e cafesol descrita na literatura, e mostra uma variabilidade muito expressiva para 16-O-metilcafesol.

O cafestol representa a maior fração dos diterpenos no *C. canephora*, sendo o diterpeno que apresenta menor variabilidade entre os genótipos de uma mesma cultivar. Caveol esteve ausente na maioria dos genótipos estudados.

A época de maturação dos frutos (cultivar precoce, intermediária ou tardia) não afeta o teor dos diterpenos, sendo a variação entre os genótipos de uma mesma cultivar mais relevante. Somente o teor de 16-O-metilcafestol sofreu influência significativa do local de cultivo, mas observa-se para todos os diterpenos interação significativa entre local e genótipo.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq e CAPES pela concessão de bolsas de estudo e apoio financeiro (Edital Universal CNPq 14/2014 - Processo: 445757/2014-0) e ao IAPAR pelo auxílio no processo de torra dos cafés.

Referências

- ABIC. Associação Brasileira da Indústria de Café. (2016). *Norma de Qualidade Recomendável e Boas Práticas de Fabricação de Cafés Torrados em Grão e Cafés Torrados e Moídos*. Revisão nº 27. Acessado em 15 Agosto, 2015 em: <http://www.abic.com.br/publique/media/Norma%20de%20qualidade.pdf>.
- Belitz, H. D., Grosch, W., Schieberle, P. (2009). Coffee, Tea, Cocoa. In:_____. *Food Chemistry. 4 Ed.* (pp 938-969). Berlin, Germany: Springer.
- Benassi, M.T., Dias, R.C.E. (2015). Assay of Kahweol and Cafestol in Coffee. In: Preedy, V.R. (Ed.). *Coffee in Health and Disease Prevention, 1 Ed.* (pp. 995-1005). London, UK: Elsevier.
- Brasil. (2003). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamento técnico de identidade e de qualidade para a classificação do café beneficiado e do grão verde. Instrução Normativa nº 8 de 11 de jun. 2003.
- Campanha, F. G., Dias, R. C. E., Benassi, M. T. (2010). Discrimination of coffee species using kahweol and cafestol effects of roasting and of defects. *Coffee Science*, 05 (1), 87-96.
- Cano-Marquina, A., Tarín, J. J., Cano, A. (2013). The impact of coffee on health, *Maturitas*, 75 (1), 7-21.
- Cavin, C., Holzhäuser, D., Scharf, G., Constable, A.; Huber, W. W., Schilter, B. (2002). Cafestol and kahweol, two coffee specific diterpenes with anticarcinogenic activity. *Food and Chemical Toxicology*, 40 (8), 1155-1163.
- Clarke, R., Macrae. (1985). Chemistry. In Clarke, R., Macrae. *Coffee, Vol. 1:* (pp 83-113). Londres: Elsevier Applied Science Publishers.

- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. (2016). Acompanhamento da Safra Brasileira: Café. Acessado em 24 Agosto, 2016 em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_01_20_09_24_06_boletim_cafe_-_janeiro_2016.pdf.
- De Souza, R., M., N.; Benassi, M. T. (2012). Discrimination of commercial roasted and ground coffees according to chemical composition. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 23 (7), 1347-1354.
- Dias, R. C. E., Campanha, F. G., Vieira, L. G. E., Ferreira, L. P., Pot, D., Marraccini, P., Benassi, M. T. (2010). Evaluation of kahweol and cafestol in coffee tissues and roasted coffee by a new high-performance liquid chromatography methodology. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58 (1), 88–93.
- Ding, M., Satija, A., Bhupathiraju, S. N., Hu, Y., Sun, Q., Han, J., Lopez-Garcia, E., Willett, W., van Dam, R. M., Hu, F. B. (2016). Association of coffee consumption with total and cause-specific mortality in three large prospective cohorts. *Circulation*, 134 (13), 1-32.
- Ferrão, M. A. G, Fonseca, A. F. A., Ferrão, R. G., Barbosa, W. M., Souza, E. M. R. (2009). Genetic divergence in Conilon coffee revealed by RAPD markers. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 9 (1), 67-74.
- Freedman N. D., Park Y., Abnet C. C., Hollenbeck A. R., Sinha R. (2012). Association of coffee drinking with total and cause-specific mortality. *New England Journal of Medicine*, 366 (20), 1891-1904.
- Gaascht, F., Dicato, M., Diederich, M. F. (2015). Coffee provides a natural multitarget pharmacopeia against the hallmarks of cancer. *Genes Nutr* 10 (51), 1-17.
- Higdon, J. V., Frei, B. Coffee and health: a review of recent human research. (2006). *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 46 (2), 101-123.
- Higgins, L.G., Cavin, C., Itoh, K., Yamamoto, M., Hayes, J.D. (2008). Induction of cancer chemopreventive enzymes by coffee is mediated by transcription factor Nrf2. Evidence that the coffee-specific diterpenes cafestol and kahweol confer protection against acroleína. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 226 (3), 328 – 337.
- ICH. (2005). International Conference on Harmonization of Technical Requirements for the Registration of Pharmaceuticals for Human Use. Guidance for Industry, Q2B Validation of Analytical Procedures: Methodology. International Conference on Harmonization Secretariat, c/o International Federation of Pharmaceutical Manufacturers and Associations: Geneva; 7–10.
- Incaper. (2016a). Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. *Diamante ES8112*. Documento 219. Nova variedade clonal de café conilon de maturação precoce para o Espírito Santo. Acessado em 03 Agosto, 2016 em: <http://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/786/1/01-FOLDER-VARIEDADE-CAFE-DIAMANTE.pdf>.
- Incaper. (2016b). Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. *ES8122 Jequitibá*. Documento 220. Nova variedade clonal de café conilon de maturação intermediária para o Espírito Santo. Acessado em 03 Agosto, 2016 em:

<http://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/787/1/02-FOLDER-VARIEDADE-CAFE-JEQUITIBA.pdf>.

INCAPER. (2016c). Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. *Centenária ES8132*. Documento 221. Nova variedade clonal de café conilon de maturação tardia para o Espírito Santo. Acessado em 03 Agosto, 2016 em: <http://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/785/1/03-FOLDER-VARIEDADE-CAFE-CENTENARIA.pdf>.

Kemsley, E. K., Ruault, S., Wilson, R. H. (1995). Discrimination between *Coffea arabica* and *Coffea canephora* variant robusta beans using infrared spectroscopy. *Food Chemistry*, 54 (3), 321-326.

Kim, H. G., Kim, J. Y., Hwang, Y. P., Lee, K. J., Lee, K. Y., Kim, D. H., Kim, D. H., Jeong, H. G. (2006). The coffee diterpenes kahweol inhibits tumor necrosis factor- α -induced expression of cell adhesion molecules in human endothelial cells. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 217 (3), 332-341.

Kitzberger, C. S. G., Scholz, M. B. S., Pereira, L. F. P., Vieira, L. G. E., Sera, T., Silva, J. B. G. D., Benassi, M. T. (2013). Diterpenes in green and roasted coffee of *Coffea arabica* cultivars growing in the same edapho-climatic conditions. *Journal of Food Composition and Analysis*, 30 (3), 52-57.

Lee, K. J., Choi, J. H., Jeong, H. G. (2007). Hepatoprotective and antioxidant effects of the coffee diterpenes kahweol and cafestol on carbon tetrachloride-induced liver damage in mice. *Food and Chemical Toxicology*, 45 (11), 2118-2125.

Lercker, G, Caboni, M. F., Bertacco, G., Turchetto, E, Lucci, A., Bortolomeazzi, R, et al. (1996). Coffee lipid fraction I. Influence of roasting and decaffeination. *Ind Aliment*, 35,1057–65.

MAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. (2016). Culturas: Café. Acessado em 10 Abril, 2016 em: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/cafe/saiba-mais>.

Mendes, L.C., Menezes, H.C., Aparecida, M.; Silva, A.P. (2001). Optimization of the roasting of robusta coffee (*C. canephora* conillon) using acceptability tests and RSM. *Food Quality and Preference*, 12 (2), 153-162.

Muriel, P., Arauz, J. (2010). Coffee and liver diseases. *Fitoterapia*, 81 (5), 297-305.

Pacetti, D., Boselli, E., Balzano, M., Frega, N. G. (2012). Authentication of italian espresso coffee blends through the GC peak ratio between kahweol and 16-O-methylcafestol. *Food Chemistry*, 135 (3), 1569-1574.

Pettitt Jr., B. C. (1987). Identification of the diterpene esters in arabica and canephora coffees. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 35 (4), 549-551.

Roos, B., Van Der Weg, G., Urgert, R., Van De Bovenkamp, P., Charrier, A., Katan, M.B. (1997). Levels of cafestol, kahweol, and related diterpenoids in wild species of the coffee plant *Coffea*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45 (8), 3065–3069.

- Schievano, E., Finotello, C., De Angelis, E; Mammi, S., Navarini, L. (2014). Rapid authentication of coffee blends and quantification of 16-O-methylcafestol in roasted coffee beans by Nuclear Magnetic Resonance. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62 (51), 12309–12314.
- SISVAR. (2016). *Sistema de análise de variância de dados balanceados - Versão 5.6* Acessado em 10 Abril, 2016 em: <http://www.dex.ufla.br/~danielff/programas/sisvar.html>.
- Speer, K., Kölling-Speer. (2001). Lipids. In: Clarke, R.J.; Vitzsthum, O.G. (Eds.). *Coffee Recent Developments*, (pp 33-49) 1 Ed. Blackwell, Oxford.
- Speer, K., Kölling-Speer, I. (2006). The lipid fraction of the coffee bean. *Brazilian Journal Plant Physiology*, 18 (1), 201–216.
- Speer, K., Tewis R., Montag A. (1991). A new roasting component in coffee. In: 14th International Colloquium on the Chemistry of Coffee, (pp. 615-621). ASIC, Paris.
- Sridevi, V., Giridhar, P., Ravishankar, G. A. (2011). Evaluation of roasting and brewing effect on antinutritional diterpenes-cafestol and kahweol in coffee. *Global J Med Res*, 11, 16–22.
- Urgert, R., Van Der Weg, G., Kosmeijer-Schuil, T. G., Van De Bovenkamp, P., Hovenier, R., Katan, M. B. (1995). Levels of the cholesterol-elevating diterpenes cafestol and kahweol in various coffee brews. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43 (8), 2167-2172.
- Urgert, R., Meyboom, S., Kuilman, M., Rexwinkel, H., Vissers, M. N., Klerk, M., Katan, M. B. (1996). Comparison of effect of cafetiere and filtered coffee on serum concentrations of liver aminotransferases and lipids: six month randomised controlled trial. *British Medical Journal*, 313 (30), 1362-1366.
- USDA. U.S. Department of Agriculture. (2016). Robusta Coffee Production. Acessado em 240 Agosto, 2016 em: <http://apps.fas.usda.gov/psdonline/psdReport.aspx?hidReportRetrievalName=Table+03C+Robusta+Coffee+Production&hidReportRetrievalID=1679&hidReportRetrievalTemplateID=8>.
- Wang, S., Yoon, Y.C., Sung, M.-J., Hur, H.-J., Park, J.-H. (2012). Antiangiogenic properties of cafestol, a coffee diterpene, in human umbilical vein endothelial cells. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 421 (3), 567-571.
- Williams, A. A.; Faria-Morales, A.; Kari, P. (1989). Sensory and analytical examination of ground and cup coffee with particular reference to bean maturity. In: 13th Colloque, Paipa, (pp. 83-106). ASIC, Paipa.
- Wuerges, K. L.; Santos, A. C. F.; Mori, A. L. B.; Benassi, M. T. (2016). Contents of diterpenes in espresso coffee brews prepared from commercial capsules. *Coffee Science*, 11 (2), 276 - 284.

CAPÍTULO 3

CARACTERIZAÇÃO DA BEBIDA DE *Coffea canephora*: composição e atividade antioxidante

Caracterização da bebida de *Coffea canephora*: composição e atividade antioxidante

Resumo

A qualidade da bebida do café está relacionada com a espécie, cultivares, os processos de pós-colheita e de torra, e a concentração de compostos hidrossolúveis extraídos no preparo. Além da importância da composição para a qualidade sensorial de bebida, os compostos bioativos presentes têm sido associados a efeitos benéficos à saúde em função de sua atividade antioxidante. Alguns estudos de bebida de *Coffea arabica* estão disponíveis na literatura, entretanto há falta de informação sobre a composição de bebidas de *Coffea canephora*. Neste trabalho, avaliaram-se teores de compostos bioativos e/ou de interesse para a qualidade de bebida (trigonelina, cafeína, ácidos clorogênicos totais, açúcares e melanoidinas), acidez e atividade antioxidante (AA) de bebidas de café torrado produzidas com *C. canephora*. Os cafés eram correspondentes a três cultivares - Diamante ES8112, ES8122 'Jequitibá' e Centenária ES8132 - com diferentes épocas de maturação de frutos (precoce, intermediária e tardia, respectivamente). Foram avaliados 5 genótipos de cada cultivar, e os cafés foram cultivados em dois locais do estado do Espírito Santo, resultando num total de 30 amostras. Os teores médios na bebida variaram de 1176 a 1452 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ para cafeína; de 206 a 413 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ para trigonelina; de 528 a 942 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ para ácidos clorogênicos totais; de 18,64 a 34,11 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ para carboidratos livres totais; de 6,8 a 7,8 $\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ para melanoidinas; apresentando acidez entre 1,15 e 1,79 mL de NaOH 0,1 $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ por 20 mL da bebida. Observou-se diferença significativa entre os genótipos e houve interação entre genótipos e local de cultivo para todas as variáveis estudadas. A AA variou de 6,78 a 8,80 mg de TROLOX mL^{-1} , correlacionando-se positivamente aos teores de cafeína, ácidos clorogênicos totais e melanoidinas. A época de maturação dos frutos não afetou a composição da bebida e a AA.

Palavras-chave: compostos bioativos; carboidratos; acidez; conilon; Diamante ES8112; ES8122 'Jequitibá'; Centenária ES8132.

3.1 Introdução

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de *Coffea canephora* com uma produção de 13,3 milhões de sacas de 60 kg na safra de 2015/2016 (USDA, 2016). O *C. canephora* é uma das espécies mais importantes comercialmente, sendo empregada diretamente na produção de café solúvel e em blends com *Coffea arabica* para o café torrado (CLARKE; MACRAE, 1985; FARAH; SANTOS, 2015).

A qualidade da bebida do café está associada a concentração de compostos hidrossolúveis extraídos no preparo, como cafeína e ácidos clorogênicos (GLOESS et al., 2008), ácidos alifáticos (GINZ et al., 2000), compostos da degradação de carboidratos formados durante a torra e carboidratos remanescentes na bebida (LELOUP; LIARDON, 1993; OOSTERVELD; VORAGEN; SCHOLS, 2003). Além da importância para a qualidade de bebida, ácidos clorogênicos e seus produtos de degradação, cafeína e seus metabólitos, trigonelina e melanoidinas têm sido associados à atividade antioxidante e exercem atividade quimioprotora atuando na prevenção, desenvolvimento e a progressão de câncer (GAASCHT et al., 2015), na redução do risco de cirrose (KENNEDY et al., 2016), na prevenção de doenças cardiovasculares, diabetes tipo 2 e doença de Parkinson (LUDWIG et al., 2014), na redução do risco de morte por doenças crônicas (FREEDMAN et al., 2012) e outros fatores (DING et al., 2016).

A composição das bebidas originadas do café torrado é dependente das espécies e cultivares de café utilizadas no *blend*, dos processos de colheita, pós-colheita, torra e moagem empregados, e do modo de preparo (ALVES; CASAL; OLIVEIRA, 2009; NILSSON, 2015; NOGUEIRA; TRUGO, 2003). Assim destaca-se a importância da informação da composição em componentes de impacto na qualidade e/ou bioativos na bebida de café, forma final de consumo do produto.

A literatura apresenta mais informações de composição em geral para *C. arabica* em comparação com *C. canephora*, e a disponibilidade de dados sobre composição de bebidas é ainda mais restrita. No geral, a bebida de *C. canephora* caracteriza-se pela baixa acidez e corpo elevado, e pela menor qualidade sensorial comparada a do *C. arabica* (CLARKE e MACRAE, 1985; FARAH e SANTOS, 2015). A maior funcionalidade da bebida de *C. canephora* tem sido destacada pelos

elevados níveis de cafeína e melanoidinas associados à alta atividade antioxidante (VIGNOLI et al., 2014).

O programa de melhoramento genético do *C. canephora* do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper, Espírito Santo, Brasil) tem desenvolvido uma ampla variabilidade de genótipos com diferentes características agronômicas (FERRÃO et al., 2009). Nove cultivares foram desenvolvidas e indicadas para o Estado do Espírito Santo, maior produtor brasileiro de *C. canephora* (70%) (CONAB, 2016; MAPA, 2016), das quais oito cultivares são clonais (formadas pelo agrupamento de clones compatíveis) e uma de multiplicação por sementes. Entre as cultivares clonais se destacam Diamante ES8112, ES8122 'Jequitibá' e Centenária ES8132 que apresentam épocas de maturação de frutos distintas (precoce, intermediária e tardia, respectivamente).

Considerando a restrita disponibilidade de dados para a bebida de *C. canephora* e a importância do Brasil como produtor dessa espécie de café, o objetivo do trabalho foi avaliar o teor de compostos bioativos e/ou de interesse para a qualidade (trigonelina, cafeína, ácidos clorogênicos totais, açúcares e melanoidinas), acidez e atividade antioxidante em bebidas de café de 15 genótipos de *C. canephora*. Foram estudados 5 genótipos de três cultivares (Diamante ES8112, ES8122 'Jequitibá' e Centenária ES8132) cultivados em duas regiões do Estado do Espírito Santo.

3.2 Materiais e métodos

3.2.1 Material

Foram utilizados 15 materiais genéticos (genótipos) de *C. canephora*, desenvolvidos pelo programa de melhoramento genético do INCAPER (Espírito Santo, Brasil). Para o estudo foram selecionados genótipos agronomicamente divergentes e componentes de 3 cultivares clonais que apresentam épocas de maturação dos frutos distintas: cultivar Diamante ES8112 (genótipos 101P, 103P, 105P, 106P e 108P) de maturação precoce, cultivar ES8122 'Jequitibá' (genótipos 201I, 202I, 203I, 207I e 209I) de maturação intermediária, e cultivar Centenária ES8132 (genótipos 301T, 302T, 303T, 306T e 307T) de maturação tardia. As cultivares clonais são formadas pelo agrupamento de clones compatíveis de *C.*

canephora que são usados na obtenção das lavouras (INCAPER, 2016a, INCAPER, 2016b, INCAPER, 2016c). Foram estudados cinco do total de nove genótipos que compõe cada cultivar. Dessa forma, o material estudado permite obter dados representativos da variabilidade genética do café *C. canephora* no Estado do Espírito Santo, maior produtor dessa espécie de café no Brasil.

Foram coletadas amostras (500g de cada genótipo) no ano de 2014 em lavouras demonstrativas com 36 meses de idade conduzidas em duas condições experimentais distintas, duas fazendas localizadas em diferentes regiões do estado do Espírito Santo (Tabela 3.1). Iniciou-se a colheita manual dos cafés pelos genótipos de maturação precoce (maio), seguida pelos de maturação intermediária (junho) e os de maturação tardia (julho). Foram colhidos somente frutos maduros no estágio cereja. Os cafés foram secados de forma natural em terreiros ao sol, beneficiados e selecionaram-se os grãos limpos de defeitos extrínsecos e de tamanho de peneira 16 (6,5 mm) (BRASIL, 2003). Os cafés verdes foram armazenados em sacos plásticos a temperatura ambiente até a torra em outubro de 2014.

Tabela 3.1 – Condições experimentais das lavouras dos genótipos de *Coffea canephora* cultivados em diferentes locais de plantio.

	Fazenda Experimental de Marilândia	Fazenda Experimental de Bananal do Norte
Cidade	Marilândia	Cachoeiro do Itapemirim
Região do Espírito Santo	Noroeste	Sul
Latitude/ Longitude	19°24' / 40°31'	20°75' / 41°29'
Altitude (m)	104	146
Temperatura média anual (°C)	24,2	23,8
Precipitação anual acumulada (mm)	1129	1086
Tipo de solo	Latossolo Vermelho Amarelo	Latossolo Vermelho Amarelo
Relevo	Acidentado	Mediamente Acidentado

Os cafés (100 g) foram torrados em torrador piloto a gás Rod Bel (Rod-Bel, São Paulo, Brasil) por tempos de 17 min a 29 min, e temperaturas entre 210 °C e 230 °C. A diversidade no processo foi devida a diferenças de tamanho e características dos grãos, mas o grau de torra foi padronizado de maneira a obter perda de peso de $16,5 \pm 0,4 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$, descrito por Mendes et al. (2001) como o grau de torra ótimo para *C. canephora*.

As amostras foram moídas a uma granulometria fina de acordo com a Associação Brasileira das Indústrias de Café (ABIC) (ABIC, 2016) utilizando um moinho de bancada Burr grinder GVX 2 (Krupps, Shanghai, China). Os cafés torrados e moídos apresentaram, na média, luminosidade de $25,3 \pm 1,4$ utilizando colorímetro Minolta CR-410 (Konica Minolta Sensing Inc., Osaka, Japão), com iluminante C e ângulo de 10° para observador. Observou-se umidade (105°C até peso constante) de $0,8 \pm 0,1 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ utilizando analisador gravimétrico de umidade MB 45 (Ohaus, Barueri, Brasil). As amostras foram armazenadas em sacos plásticos e mantidas sob refrigeração a 8°C , por 90 dias até o preparo das bebidas.

A bebida de café foi preparada de acordo com as recomendações de ABIC (ABIC, 2016) e Mendes et al. (2001) por meio de percolação com uso de filtro de papel (Melitta, São Paulo, Brasil). Foram utilizadas 50 g de café torrado e moído para 500 mL de água mineral (Ouro Fino, Curitiba, Brasil), numa proporção de 1:10 café:água, a uma temperatura entre 92°C e 96°C . As bebidas apresentaram, na média, $1,7 \pm 0,2 \text{ g } 100 \text{ mL}^{-1}$ de sólidos solúveis utilizando refratômetro Atago PAL-3 (Atago, Toquio, Japão) conforme AOAC (2003) e Sivetz e Desrosier (1979). As bebidas foram armazenadas em frascos plásticos com capacidade de 100 mL (Inplavel, Joinville, Brasil) a uma temperatura de -18°C até a realização das análises, na sequência.

3.2.2 Determinação de trigonelina, cafeína e ácidos clorogênicos totais

Uma alíquota de 1 mL da bebida foi transferida para um balão volumétrico de 5 mL. O volume foi completado com água ultra pura obtida por sistema de filtração Elga - Purelab option-Q (Veolia Water Technologies, Saint-Maurice, França) e a solução foi filtrada em membrana $0,45 \mu\text{m}$ (Whatmann, Maidstone, Reino Unido).

Empregou-se um cromatógrafo líquido de alta eficiência ThermoFischer® - Dionex (Dionex, Sunnyvale, CA, EUA) equipado com injetor automático de amostras ($20\mu\text{L}$), sistema de bombeamento quaternário de solvente P680, termostatizador de coluna e detector de arranjo de diodos Ultimate 3000 ThermoFischer®. As condições analíticas foram adaptadas de Corso, Vignoli e Benassi (2016). Foi empregada uma coluna Spherisorb ODS 1 ($250\text{mm} \times 4,6\text{mm}$ i.d. $5 \mu\text{m}$) (Waters,

Milford, MA, EUA) e solventes de grau cromatográfico: ácido acético (Merck, Darmstadt, Alemanha) e metanol (Fischer Scientific, Bridgewater, NJ, EUA). Empregou-se vazão de $1 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ e eluição gradiente com fase móvel ácido acético/ H_2O (0,2:99,8 v/v) (A) e metanol (B): 1 a 10 min, 92,5% a 80% de A; 10 a 12 min, 80% a 70% de A; 12 a 20 min, 70% a 65% de A; 20 min a 28 min, 65% a 60% de A; 30 min, 92,5% de A. A detecção foi feita a 260 nm para trigonelina, 272 nm para cafeína e 320 nm para os ácidos clorogênicos. A temperatura da coluna foi mantida a $40 \text{ }^\circ\text{C}$.

Utilizaram-se padrões de ácido-5-cafeoilquínico (5-ACQ, principal representante dos ácidos clorogênicos), cafeína e trigonelina (Sigma-Aldrich, Saint Louis, MO, EUA). A identificação foi feita com base nos tempos de retenção e espectro no UV. A quantificação foi feita por padronização externa, construindo-se curvas analíticas (5 pontos em triplicata) nas faixas de 4,5 a $60,0 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ para trigonelina ($r=0,999$, $p<0,001$); de 4,5 a $120,0 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$, para cafeína ($r=0,999$, $p<0,001$); e de 4,5 a $60,0 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ para 5-ACQ ($r=0,998$, $p<0,001$). Os ácidos clorogênicos totais foram estimados considerando a soma das áreas dos compostos detectados a 320 nm conforme descrito por Corso, Vignoli e Benassi (2016) usando 5-ACQ como padrão. A análise foi realizada em duplicata e os resultados foram expressos em $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ da bebida.

3.2.3 Determinação de pH e acidez total titulável

O pH foi medido diretamente da bebida e, para análise da acidez total titulável, uma alíquota de 20 mL da bebida foi titulada com uma solução de hidróxido de sódio $0,1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, previamente padronizada, até pH 8,2 medido em potenciômetro digital HANNA modelo HI 2212 (Hanna, São Paulo, Brasil) (SHOLZ et al., 2013; BUENAVENTURA-SERRANO; CASTAÑO-CASTRILLÓN, 2002). As análises foram realizadas em duplicata e os resultados da acidez foram expressos em mL de hidróxido de sódio por 20mL da bebida.

3.2.4 Determinação de carboidratos livres

A determinação foi feita de acordo com ISO 11292 (ISO, 1995), para cafés

solúveis, assumindo a bebida como uma solução aquosa sem a presença de sólidos insolúveis. A bebida foi filtrada em membrana 0,22 μm (Whatmann, Maidstone, Reino Unido) e injetada no cromatógrafo líquido de alta eficiência BioLC modelo ICS 3000 (Dionex, Sunnyvale, CA, EUA), com duplo bombeamento, acoplado a detector eletroquímico de pulso amperométrico ICS 3000 ED e equipado com injetor automático de amostras (20 μL). Foi empregada coluna de troca iônica Carbopac PA1 (250mm x 4.6mm i.d. 5 μm) (Dionex, Sunnyvale, CA, EUA) a 28 °C, e eluição isocrática de água na vazão de 1 mL $\cdot\text{min}^{-1}$. A detecção foi feita por pulso amperométrico utilizando um eletrodo de referência de AgCl e o seguinte ciclo de voltagem: de 0,00 s a 0,40 s, 0,1 V; de 0,41 s a 0,42 s, - 2,0 V; em 0,43 s, 0,6 V; e de 0,44 s a 0,50 s, - 0,1 V.

Os padrões de manitol, fucose, arabinose, galactose, glicose, sacarose, xilose, manose, frutose e ribose foram obtidos da Sigma-Aldrich (Sigma-Aldrich, Saint Louis, MO, EUA). A identificação foi feita com base nos tempos de retenção e a quantificação foi feita por padronização externa, construindo-se curvas analíticas (com 5 pontos em triplicata). Empregou-se faixa de 0,50 a 2,50 $\mu\text{g mL}^{-1}$ para manitol ($r=0,994$, $p<0,001$); de 1,00 a 5,00 $\mu\text{g mL}^{-1}$ para fucose ($r=0,999$, $p<0,001$); de 1,00 a 15,00 $\mu\text{g mL}^{-1}$ para arabinose ($r=0,994$, $p<0,001$); de 1,00 a 15,00 $\mu\text{g mL}^{-1}$ para galactose ($r=0,994$, $p<0,001$); de 0,50 a 5,00 $\mu\text{g mL}^{-1}$ para glicose ($r=0,999$, $p<0,001$); de 1,50 a 4,50 $\mu\text{g mL}^{-1}$ para sacarose ($r=0,999$, $p<0,001$); de 0,50 a 3,00 $\mu\text{g mL}^{-1}$ para xilose ($r=0,995$, $p<0,001$); de 2,00 a 20,00 $\mu\text{g mL}^{-1}$ para manose ($r=0,999$, $p<0,001$); de 5,00 a 40,00 $\mu\text{g mL}^{-1}$ para frutose ($r=0,960$, $p<0,001$); e de 2,00 a 15,00 $\mu\text{g mL}^{-1}$ para ribose ($r=0,942$, $p<0,001$). A análise foi realizada em duplicata e os resultados de cada carboidrato foram expressos em $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ da bebida. Os carboidratos livres totais, obtidos pela soma dos teores de todos os carboidratos analisados, foram expressos em $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ da bebida.

3.2.5 Estimativa de melanoidinas

A análise foi baseada no procedimento descrito por Pérez-Hernández et al. (2012). Uma alíquota de 400 μL da bebida foi diluída com água ultra pura para 8 mL e feita leitura a 420 nm em um espectrofotômetro UV- visível Libra S22 (Biochrom, Cambourne, Inglaterra). A concentração de melanoidina foi estimada com base no

valor de absorvidade $1,1289 \text{ L}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$ proposto por Tagliazucchi et al (2010). A curva analítica foi construída utilizando uma bebida de café como fonte de melanoidinas. Foi observada linearidade (6 pontos em triplicata, $r=1$, $p<0,001$), na faixa de concentração de $0,06 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ a $0,97 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$, correspondente a leituras de $0,067 \text{ UA}$ a $1,095 \text{ UA}$. A análise foi realizada em duplicata e os resultados foram expressos em $\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ da bebida.

3.2.6 Determinação da atividade antioxidante

A estimativa da atividade antioxidante (AA) por ABTS foi realizada conforme descrito por Vignoli et al. (2014). Uma alíquota de $2,5 \text{ mL}$ da bebida foi transferida para balão de 50 mL e o volume completado com água para uma concentração de $5 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$. O cátion ABTS^{++} foi produzido reagindo $7 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ da solução estoque de ABTS 98% (Sigma-Aldrich, Saint Louis, MO, EUA) com $2,45 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ da solução de persulfato de potássio 99% (Merk, Darmstadt, Alemanha). A solução foi mantida em frasco escuro a temperatura ambiente por 12 a 16 h antes do uso. A solução de ABTS^{++} foi diluída com $5 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ de tampão fosfato salino (pH 7,4) para uma absorvância de 0,7 a 730 nm . Foi adicionado $10\mu\text{L}$ de padrão Trolox 95% (Sigma-Aldrich, Saint Louis, MO, EUA), ou de amostra, em 4 mL da solução diluída de ABTS^{++} , e após 6 min reação, foi realizada a leitura a 730 nm em espectrofotômetro Biochrom Libra S22 (Biochrom, Cambourne, Inglaterra). Construiu-se uma curva analítica com soluções de Trolox em etanol absoluto (Êxodo Científica, Hortolândia, Brasil) na faixa de concentração de $1,0$ a $8,0 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$, com 6 pontos em triplicata ($r=0,999$, $p<0,001$). A análise foi realizada em duplicata e os resultados foram expressos como capacidade antioxidante equivalente ao Trolox (TEAC) em mg Trolox mL^{-1} da bebida).

3.2.7 Análise estatística

Para avaliação do efeito da condição de cultivo e da variabilidade genética, os resultados foram submetidos à análise variância e teste de Tukey ($p \leq 0,05$) empregando o programa SISVAR (Sistema de Análise de Variância de Dados Balanceados) (SISVAR, 2016). Considerou-se como tratamentos, o local/fazenda

experimental (principal/parcela) e o genótipo (secundária/sub-parcela) em um esquema de parcelas subdivididas. Se ocorrer interação ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos, há indicação que o teor do composto em cada genótipo sofreu influência diferenciada em relação ao local de cultivo.

Análise de Componentes Principais (ACP) foi realizada utilizando o programa Statistica 7.1 (STATSOFT, 2006). Como variáveis ativas foram considerados os parâmetros de composição (trigonelina, cafeína, ácidos clorogênicos totais, acidez titulável e carboidratos livres totais) e a atividade antioxidante foi utilizada como variável suplementar.

3.3 Resultados e discussão

As tabelas 3.2 e 3.3 mostram os teores dos alcaloides trigonelina e cafeína nas bebidas obtidas a partir dos 15 diferentes genótipos de *C. canephora* em dois locais de cultivo. As bebidas obtidas das cultivares Diamante, Jequitibá e Centenária apresentaram teores médios de trigonelina variando de 206 a 413 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ (Tabela 3.2) e de cafeína, de 1176 a 1452 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ (Tabela 3.3).

Os teores de cafeína foram similares aos descritos para bebidas *C. canephora* provenientes do Vietnã (teor médio de 1153 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$) e preparadas numa proporção de 0,6:10 (café:água) (LUDWIG et al., 2012), e foram superiores aos reportados por Rodrigues et al. (2007), entre 314 e 762 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$, para bebidas de *C. canephora* procedentes de diferentes países e preparadas numa proporção de 0,7:10.

Ao considerarmos o teor de sólidos solúveis das bebidas, as concentrações médias de cafeína e de trigonelina foram, respectivamente, de 7,7 $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ e de 1 $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de sólidos solúveis. Esses teores estão na faixa dos descritos por Vignoli et al. (2014) 7,2 g de cafeína e de 0,2 a 2,2 g de trigonelina $\cdot 100\text{g}^{-1}$ de sólidos solúveis, para bebidas procedentes de *C. canephora* brasileiro submetido a diferentes graus de torra e utilizando a mesma proporção café:água desse estudo. Considerando a estabilidade da cafeína e a instabilidade da trigonelina ao processo de torra (VIGNOLI et al., 2014; DIAS, BENASSI, 2015), variações nos teores de trigonelina em bebidas na literatura, são justificadas.

Tabela 3.2 - Teores* de trigonelina ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ da bebida) em *Coffea canephora* cultivados em dois locais de plantio.

Cultivar	Genótipo	Fazenda Experimental	
		Marilândia	Bananal do Norte
Diamante (maturação precoce)	101P	178 ^{Bi} ± 25	297 ^{Ad} ± 2
	103P	378 ^{Ade} ± 26	257 ^{Bdef} ± 9
	105P	370 ^{Ade} ± 8	181 ^{Bfgh} ± 16
	106P	410 ^{Acđ} ± 19	421 ^{Abc} ± 19
	108P	469 ^{Abc} ± 58	379 ^{Bc} ± 19
	Média** ± DP (CV%)	361 ± 109 (39)	307 ± 96 (31)
Jequitibá (maturação intermediária)	201I	330 ^{Aef} ± 1	145 ^{Bh} ± 16
	202I	261 ^{Afgh} ± 32	234 ^{Adefg} ± 5
	203I	583 ^{Aa} ± 44	280 ^{Bde} ± 13
	207I	333 ^{Adef} ± 21	160 ^{Bgh} ± 37
	209I	328 ^{Aef} ± 18	210 ^{Befgh} ± 2
	Média** ± DP (CV%)	367 ± 125 (34)	206 ± 55 (27)
Centenária (maturação tardia)	301T	241 ^{Aghi} ± 5	143 ^{Bh} ± 13
	302T	209 ^{Bhi} ± 7	489 ^{Aab} ± 61
	303T	528 ^{Aab} ± 47	427 ^{Bbc} ± 11
	306T	315 ^{Befg} ± 9	535 ^{Aa} ± 17
	307T	286 ^{Bfg} ± 1	473 ^{Aab} ± 49
	Média** ± DP (CV%)	316 ± 126 (40)	413 ± 155 (38)

*Teor médio ± desvio padrão para as duplicatas de extração de cada amostra.

**Teor médio na cultivar ± DP (desvio padrão) e CV (coeficiente de variação) entre genótipos da mesma cultivar.

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na mesma linha não diferem significativamente entre os locais (Tukey, $p \leq 0,05$).

Médias seguidas de uma mesma letra minúscula na mesma coluna não diferem significativamente entre os genótipos (Tukey, $p \leq 0,05$).

Para trigonelina e cafeína observou-se diferença entre os genótipos ($p < 0,000$) bem como interação entre local e genótipo ($p < 0,000$), indicando que os teores de cafeína e trigonelina em cada genótipo sofreram influência do local de cultivo, mas esse efeito foi dependente do genótipo.

Para cafeína não houve diferença entre os locais de cultivo ($p = 0,722$), no entanto a diferença entre os locais foi significativa para trigonelina ($p = 0,010$). No geral, maiores valores de trigonelina foram observados nos genótipos cultivados em Marilândia, sendo o maior valor observado para a cultivar Jequitibá (genótipo 203I) de maturação intermediária (Tabela 3.2). Observou-se também maior variabilidade

entre genótipos da mesma cultivar para os teores de trigonelina (CVs de 27% a 40%) do que para cafeína (CVs de 10% a 18%) (Tabelas 3.2 e 3.3)

Tabela 3.3 - Teores* de cafeína ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ da bebida) em *Coffea canephora* cultivados em dois locais de plantio.

Cultivar	Genótipo	Fazenda Experimental	
		Marilândia	Bananal do Norte
Diamante (maturação precoce)	101P	941 ^{Bd} ± 95	1289 ^{Abcd} ± 22
	103P	1365 ^{Aabc} ± 68	1236 ^{Acde} ± 98
	105P	1479 ^{Aab} ± 91	1290 ^{Bbcd} ± 33
	106P	1470 ^{Bab} ± 21	1850 ^{Aa} ± 196
	108P	1297 ^{Bbc} ± 119	1597 ^{Bab} ± 15
	Média** ± DP (CV%)	1310 ± 220 (17)	1452 ± 264 (18)
Jequitibá (maturação intermediária)	201I	1311 ^{Abc} ± 32	1152 ^{Ade} ± 4
	202I	1397 ^{Aabc} ± 75	1345 ^{Abcd} ± 1
	203I	1678 ^{Aa} ± 103	1223 ^{Bcde} ± 41
	207I	1249 ^{Abcd} ± 102	951 ^{Be} ± 198
	209I	1329 ^{Abc} ± 11	1209 ^{Acde} ± 39
	Média** ± DP (CV%)	1393 ± 168 (12)	1176 ± 144 (12)
Centenária (maturação tardia)	301T	1515 ^{Aab} ± 63	1130 ^{Bde} ± 67,52
	302T	1371 ^{Abc} ± 119	1434 ^{Abcd} ± 104,41
	303T	1327 ^{Abc} ± 89	1357 ^{Abcd} ± 16,24
	306T	954 ^{Bd} ± 11	1400 ^{Abcd} ± 190
	307T	1080 ^{Bcd} ± 49	1501 ^{Abc} ± 99
	Média** ± DP (CV%)	1249 ± 228 (18)	1364 ± 141 (10)

*Teor médio ± desvio padrão para as duplicatas de extração de cada amostra.

**Teor médio na cultivar ± DP (desvio padrão) e CV (coeficiente de variação) entre genótipos da mesma cultivar.

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na mesma linha não diferem significativamente entre os locais (Tukey, $p \leq 0,05$).

Médias seguidas de uma mesma letra minúscula na mesma coluna não diferem significativamente entre os genótipos (Tukey, $p \leq 0,05$).

Os teores médios de ácidos clorogênicos totais das bebidas das cultivares Diamante, Jequitibá e Centenária variaram de 528 a 942 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ (Tabela 3.4), correspondendo a uma faixa de 3,1 a 5,3 $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de sólidos solúveis.

Os teores de ácidos clorogênicos totais nas bebidas diferiram ($p < 0,000$) entre genótipos, mas não entre locais de cultivo ($p = 0,056$). Ocorreu interação entre local e genótipo ($p < 0,000$), indicando que o teor de ácidos clorogênicos totais em cada genótipo sofreu influência do local, mas o efeito foi dependente do genótipo.

Tabela 3.4 - Teores* de Ácidos clorogênicos totais ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ da bebida) em *Coffea canephora* cultivados em dois locais de plantio.

Cultivar	Genótipo	Fazenda Experimental	
		Marilândia	Bananal do Norte
Diamante (maturação precoce)	101P	455 ^{Bg} ± 46	738 ^{Ab} ± 33
	103P	919 ^{Ad} ± 75	664 ^{Bbc} ± 61
	105P	910 ^{Ad} ± 49	468 ^{Bde} ± 6
	106P	958 ^{Ac} ± 45	1000 ^{Aa} ± 43
	108P	1103 ^{Abc} ± 71	997 ^{Ba} ± 40
	Média** ± DP (CV%)	869 ± 244 (28)	773 ± 228 (30)
Jequitibá (maturação intermediária)	201I	820 ^{Ade} ± 22	416 ^{Bde} ± 18
	202I	657 ^{Aef} ± 57	587 ^{Abcd} ± 42
	203I	1363 ^{Aa} ± 34	721 ^{Bb} ± 13
	207I	853 ^{Ad} ± 56	400 ^{Be} ± 81
	209I	835 ^{Ade} ± 11	515 ^{Bcde} ± 21
	Média** ± DP (CV%)	906 ± 268 (30)	528 ± 132 (25)
Centenária (maturação tardia)	301T	621 ^{Afg} ± 41	367 ^{Be} ± 17
	302T	625 ^{Bfg} ± 101	1108 ^{Aa} ± 66
	303T	1155 ^{Ab} ± 30	1107 ^{Aa} ± 43
	306T	814 ^{Bde} ± 45	1124 ^{Aa} ± 20
	307T	671 ^{Bef} ± 37	1007 ^{Aa} ± 42
	Média** ± DP (CV%)	777 ± 225 (29)	942 ± 325 (35)

*Teor médio ± desvio padrão para as duplicatas de extração de cada amostra.

**Teor médio na cultivar ± DP (desvio padrão) e CV (coeficiente de variação) entre genótipos da mesma cultivar.

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na mesma linha não diferem significativamente entre os locais (Tukey, $p \leq 0,05$).

Médias seguidas de uma mesma letra minúscula na mesma coluna não diferem significativamente entre os genótipos (Tukey, $p \leq 0,05$).

A bebida da cultivar Jequitibá (203I), de maturação intermediária, da fazenda experimental de Marilândia apresentou o maior teor de ácidos clorogênicos totais ($583 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ da bebida) (Tabela 3.4). Grande variabilidade foi observada nos teores de ácidos clorogênicos totais comparando-se os genótipos de cada cultivar (CVs de 25% a 35%) (Tabela 3.4).

Não há relatos na literatura sobre o teor de ácidos clorogênicos totais em bebidas de *C. canephora*, mas é possível comparação com os teores de 5-ACQ, isômero mais abundante dos ácidos clorogênicos. Os teores médios de 5-ACQ nas bebidas variaram de 146 a $344 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ (Tabela 1S, material suplementar). Dessa forma observou-se que o 5-ACQ representou de 31% a 40% do total de ácidos clorogênicos totais da bebida (Tabelas 3.4 e 3.1S), similar aos valores reportados

por Perrone et al. (2012) (de 31% a 39%) para *C. canephora* em diferentes tempos de torra. Os teores de 5-ACQ (Tabela 3.1S) ficaram na faixa da literatura descrita para bebidas de *C. canephora*: de $218 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ da bebida (1:10 café:água) (PERRONE et al., 2012) a $529 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ da bebida (0,6:10, café:água) (LUDWIG et al., 2012). Além da variabilidade no preparo, a instabilidade do ácido clorogênico ao processo de torra, notadamente na matriz de *C. canephora* (VIGNOLI et al., 2014; DIAS, BENASSI, 2015), contribui para a variabilidade observada na comparação com a literatura.

As bebidas das cultivares Diamante, Jequitibá e Centenária apresentaram acidez total titulável de 1,15 a 1,79 mL de NaOH $0,1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ por 20 mL da bebida (Tabela 3.5) e, valor médio de pH, de $5,75 \pm 0,23$ (numa faixa de 5,35 a 6,71).

Scholz et al. (2013) descreveram valores de pH de 5,12 a 5,24 e de acidez de 2,73 a 3,21 mL de NaOH $0,1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ por 20 mL para bebidas obtidas de diversos cultivares de *C. arabica*. A menor acidez e maior pH de bebidas de *C. canephora* comparadas as de *C. arabica* tem sido reportada na literatura (BELITZ et al., 2009).

Não se observou dados na literatura sobre o teor de carboidratos para bebidas de *C. canephora*. As bebidas das cultivares Diamante, Jequitibá e Centenária apresentaram teor médio de carboidratos livres totais de 18,64 a 34,11 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ da bebida (Tabela 3.6), correspondente a faixa de 0,11 a 0,20 $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de sólidos solúveis.

Observou-se diferença entre genótipos ($p < 0,000$) e entre os locais de cultivo tanto para a acidez titulável ($p = 0,037$) quanto para o teor de carboidratos livres totais ($p = 0,003$) das bebidas. No geral, maiores valores de acidez e teores de carboidratos totais foram observados nas bebidas dos genótipos cultivados em Marilândia, sendo o maior teor de carboidrato livre total ($57,49 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$) observado na cultivar Jequitibá (202I) de maturação intermediária (Tabela 3.6) e o maior valor de acidez titulável (2,95 mL de NaOH $0,1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ por 20 mL) na cultivar Centenária (302T), de maturação tardia (Tabela 3.5).

Ocorreu ainda interação entre local de cultivo e o genótipo ($p < 0,000$), indicando que os valores de acidez titulável e teores de carboidratos totais em cada genótipo sofreram influência do local de cultivo, mas esse efeito foi diferenciado para os genótipos. Observou-se variação entre genótipos da mesma cultivar para a

acidez titulável (CVs de 9 a 39) (Tabela 3.5), mas uma maior variabilidade foi observada para o teor de carboidratos livres totais (CVs de 37 a 59) (Tabela 3.6).

Tabela 3.5 – Acidez Total Titulável* (mL de NaOH 0,1 mol·L⁻¹ por 20 mL da bebida) em *Coffea canephora* cultivados em dois locais de plantio.

Cultivar	Genótipo	Fazenda Experimental	
		Marilândia	Bananal do Norte
Diamante (maturação precoce)	101P	1,05 ^{Af} ± 0,07	1,55 ^{Ab} ± 0,07
	103P	1,55 ^{Ac} ± 0,07	1,05 ^{Ac} ± 0,07
	105P	1,25 ^{Aef} ± 0,07	0,85 ^{Ad} ± 0,07
	106P	1,25 ^{Aef} ± 0,07	1,65 ^{Ab} ± 0,07
	108P	1,45 ^{Ade} ± 0,07	1,75 ^{Aab} ± 0,07
	Média** ± DP (CV%)	1,31 ± 0,19 (15)	1,37 ± 0,40 (29)
Jequitibá (maturação intermediária)	201I	1,95 ^{Ab} ± 0,07	1,05 ^{Bcd} ± 0,07
	202I	1,35 ^{Ade} ± 0,07	1,25 ^{Ac} ± 0,07
	203I	1,75 ^{Abc} ± 0,07	1,25 ^{Ac} ± 0,07
	207I	1,35 ^{Ade} ± 0,07	1,15 ^{Ac} ± 0,07
	209I	1,45 ^{Ade} ± 0,07	1,05 ^{Ac} ± 0,07
	Média** ± DP (CV%)	1,57 ± 0,27 (17)	1,15 ± 0,10 (9)
Centenária (maturação tardia)	301T	1,25 ^{Aef} ± 0,07	1,05 ^{Ac} ± 0,07
	302T	2,95 ^{Aa} ± 0,07	1,95 ^{Ba} ± 0,07
	303T	1,95 ^{Ab} ± 0,07	1,55 ^{Ab} ± 0,07
	306T	1,45 ^{Ade} ± 0,07	1,55 ^{Ab} ± 0,07
	307T	1,35 ^{Ade} ± 0,07	1,25 ^{Ac} ± 0,07
	Média** ± DP (CV%)	1,79 ± 0,70 (39)	1,47 ± 0,34 (23)

*Teor médio ± desvio padrão para as duplicatas de extração de cada amostra.

**Teor médio na cultivar ± DP (desvio padrão) e CV (coeficiente de variação) entre genótipos da mesma cultivar.

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na mesma linha não diferem significativamente entre os locais (Tukey, $p \leq 0,05$).

Médias seguidas de uma mesma letra minúscula na mesma coluna não diferem significativamente entre os genótipos (Tukey, $p \leq 0,05$).

Avaliando-se separadamente os carboidratos livres, observou-se variação ainda mais expressiva entre as bebidas das diferentes cultivares. Os teores variaram de 0,97 a 6,40 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ para manitol; de 0,93 a 4,82 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ para fucose; de 0,34 a 0,98 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ para arabinose; de 0,38 a 2,09 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ para galactose; de 0,55 a 2,06 para glicose; de 2,63 a 19,47 para xilose; de 0,84 a 1,90 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ para manose; e de 0,18 a 0,70 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ para ribose (Tabelas 3.2S a 3.9S, material suplementar). Comparativamente a esses carboidratos (CVs de 14,9% a 72,5% entre os genótipos

de cada cultivar), destaca-se a uniformidade nos teores de frutose (de 2,04 a 2,95 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$, CV máximo de 14%) (Tabela 3.10S material suplementar) e a maior variabilidade observada para sacarose (de ausência a 26,38 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$, CVs de 119% a 224%), bem como a ausência de sacarose em 60% das amostras (Tabelas 3.11S material suplementar).

Tabela 3.6 - Teores* de carboidratos livres totais ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ da bebida) em *Coffea canephora* cultivados em dois locais de plantio.

Cultivar	Genótipo	Fazenda Experimental	
		Marilândia	Bananal do Norte
Diamante (maturação precoce)	101P	12,10 ^{Bg} ± 0,34	33,85 ^{Ab} ± 1,16
	103P	33,03 ^{Ad} ± 2,27	14,47 ^{Bef} ± 0,22
	105P	25,65 ^{Ae} ± 0,14	14,91 ^{Bde} ± 0,07
	106P	18,91 ^{Af} ± 0,30	17,37 ^{Ade} ± 0,10
	108P	34,01 ^{Ac} ± 0,49	18,09 ^{Bd} ± 1,51
	Média** ± DP (CV%)	24,74 ± 9,35 (38)	19,74 ± 8,04 (41)
Jequitibá (maturação intermediária)	201I	31,48 ^{Ad} ± 1,17	10,88 ^{Bg} ± 0,07
	202I	57,49 ^{Aa} ± 0,55	37,55 ^{Ba} ± 0,56
	203I	41,65 ^{Ab} ± 2,01	16,73 ^{Bde} ± 0,06
	207I	24,72 ^{Ae} ± 0,35	11,54 ^{Bfg} ± 0,52
	209I	15,21 ^{Ag} ± 0,08	16,51 ^{Ade} ± 1,48
	Média** ± DP (CV%)	34,11 ± 16,25 (48)	18,64 ± 10,91 (59)
Centenária (maturação tardia)	301T	13,32 ^{Bg} ± 0,25	17,09 ^{Ade} ± 0,84
	302T	19,76 ^{Bf} ± 0,39	26,26 ^{Ac} ± 0,79
	303T	37,08 ^{Ac} ± 0,19	33,30 ^{Bb} ± 0,37
	306T	18,60 ^{Af} ± 0,57	14,56 ^{Bef} ± 0,34
	307T	13,67 ^{Bg} ± 0,41	34,95 ^{Aab} ± 0,82
	Média** ± DP (CV%)	20,49 ± 9,71 (47)	25,23 ± 9,23 (37)

*Teor médio ± desvio padrão para as duplicatas de extração de cada amostra.

**Teor médio na cultivar ± DP (desvio padrão) e CV (coeficiente de variação) entre genótipos da mesma cultivar.

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na mesma linha não diferem significativamente entre os locais (Tukey, $p \leq 0,05$).

Médias seguidas de uma mesma letra minúscula na mesma coluna não diferem significativamente entre os genótipos (Tukey, $p \leq 0,05$).

Ressalta-se ainda a importância da informação sobre os teores de glicose, xilose e manitol. Conforme estabelecido na ISO 24114:2011, glicose total e xilose total são utilizados como parâmetros de adulteração na indústria de café solúvel, onde a matéria prima principal é *C. canephora*; e teores de manitol em café solúvel

superiores a $0,30 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ são considerados como evidencia de adulteração (DAVIS et al., 1990; PRODOLLIET, HISCENHUBER, 1998).

As cultivares Diamante, Jequitibá e Centenária apresentaram teores de melanoidinas variando de 6,8 a $7,8 \text{ mg}\cdot \text{mL}^{-1}$ da bebida (Tabela 3.7), equivalentes a 6,8 a $7,8 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de café torrado. Estes valores são similares aos reportados por Fogliano e Morales (2011) para café filtrado com diferentes proporções café:água (de 2,5 a $8,1 \text{ mg}\cdot \text{mL}^{-1}$ da bebida) e para café torrado (teor médio de $7,2 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$). Considerando o teor de sólidos solúveis, os teores de melanoidinas estão na faixa entre 39 e $46 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de sólidos solúveis, superiores ao relatado por Vignoli et al (2014) (de 18,50 a $27,30 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de sólidos solúveis) utilizando a mesma proporção café:água para bebidas de *C. canephora* submetido a diferentes graus de torra.

Cabe destacar que, apesar das melanoidinas serem o único grupo dos compostos estudados formados no processamento, como o processo de torra foi padronizado, a variação encontrada pode ser atribuída às diferenças entre genótipos e locais de cultivo. A variabilidade baixa (CVs de 9% a 16%) (Tabela 3.7), inferior inclusive a observada para a maioria dos compostos, reforça a boa padronização do processo.

Houve diferença no valor de melanoidinas ($p < 0,000$) entre genótipos, mas não entre locais de cultivo ($p = 0,076$). Ocorreu interação entre local e genótipo ($p < 0,000$), indicando que os teores de melanoidinas em cada genótipo sofreram influência do local de cultivo, sendo o efeito dependente do genótipo. Em média, valores mais altos de melanoidinas foram observados na cultivar Diamante, de maturação precoce, sendo o maior valor ($9,71 \text{ mg}\cdot \text{mL}^{-1}$ da bebida) correspondente ao genótipo 101P procedente de Bananal do Norte.

Sumarizando, observou-se significativo efeito do genótipo e interação entre genótipo e local de cultivo na composição das bebidas das três cultivares. Com relação ao local de cultivo, teores mais altos de trigonelina e carboidratos livres totais e maiores valores de acidez total titulável foram encontrados nas bebidas dos genótipos cultivados em Marilândia. Constatou-se ainda, para todos os compostos estudados, que os teores na bebida sofreram influência do local de cultivo, mas esse efeito foi dependente do genótipo.

Tabela 3.7 - Melanoidinas* ($\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ da bebida) em *Coffea canephora* cultivados em dois locais de plantio.

Cultivar	Genótipo	Fazenda Experimental	
		Marilândia	Bananal do Norte
Diamante (maturação precoce)	101P	5,9 ^{Bh} ± 0,0	9,7 ^{Aa} ± 0,1
	103P	8,4 ^{Ab} ± 0,0	7,5 ^{Bc} ± 0,1
	105P	6,6 ^{Ae} ± 0,1	6,5 ^{Afg} ± 0,1
	106P	7,0 ^{Bd} ± 0,2	7,4 ^{AcD} ± 0,0
	108P	6,5 ^{Bef} ± 0,1	7,7 ^{Ac} ± 0,0
	Média** ± DP (CV%)	6,9 ± 0,9 (14)	7,8 ± 1,2 (15)
Jequitibá (maturação intermediária)	201I	6,1 ^{Bgh} ± 0,1	7,0 ^{Ade} ± 0,1
	202I	6,6 ^{Bef} ± 0,0	6,8 ^{Aef} ± 0,3
	203I	7,2 ^{Bd} ± 0,0	7,6 ^{Ac} ± 0,1
	207I	6,3 ^{Aefg} ± 0,1	6,1 ^{Bh} ± 0,2
	209I	8,8 ^{Aa} ± 0,1	6,4 ^{Bgh} ± 0,0
	Média** ± DP (CV%)	7,0 ± 1,1 (16)	6,8 ± 0,6 (9)
Centenária (maturação tardia)	301T	7,8 ^{Ac} ± 0,1	6,4 ^{Bgh} ± 0,1
	302T	6,1 ^{Bgh} ± 0,1	7,5 ^{Ac} ± 0,1
	303T	7,6 ^{Ac} ± 0,0	6,7 ^{Befg} ± 0,1
	306T	6,3 ^{Befg} ± 0,0	8,9 ^{Ab} ± 0,3
	307T	6,3 ^{Afg} ± 0,1	6,3 ^{Agh} ± 0,2
	Média** ± DP (CV%)	6,8 ± 0,8 (12)	7,2 ± 1,1 (15)

*Valor médio ± desvio padrão para as duplicatas de extração de cada amostra.

**Valor médio na cultivar ± DP (desvio padrão) e CV (coeficiente de variação) entre genótipos da mesma cultivar.

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na mesma linha não diferem significativamente entre os locais (Tukey, $p \leq 0,05$).

Médias seguidas de uma mesma letra minúscula na mesma coluna não diferem significativamente entre os genótipos (Tukey, $p \leq 0,05$).

A atividade antioxidante (AA) das bebidas dos 15 diferentes genótipos de *C. canephora* em dois locais de cultivo pode ser observada na Tabela 3.8. As cultivares Diamante, Jequitibá e Centenária apresentaram valores médios de 6,78 a 8,80 mg de TROLOX mL^{-1} da bebida (Tabela 8), superiores ao reportado por Vignoli et al. (2016) (6,40 mg de TROLOX mL^{-1} da bebida) para bebida preparada sob as mesmas condições desse trabalho, mas utilizando *Coffea arabica*. Isto está de acordo com a literatura que descreve para produtos de café produzidos com *C. canephora* maior AA que para os de *C. arabica* (VIGNOLI; BASSOLI; BENASSI, 2011; VIGNOLI et al., 2014).

Ao considerar o teor de sólidos solúveis das bebidas, os valores médios de AA variaram de 39,9 a 51,8 g TROLOX $\cdot 100\text{g}^{-1}$ de sólidos solúveis, comparáveis ao

descrito por Vignoli et al. (2014) para bebidas de *C. canephora* brasileiro submetido a diferentes graus de torra (36,4 a 48,2 g TROLOX·100g⁻¹ de sólidos solúveis).

Observou-se diferença nos valores de AA tanto entre genótipos ($p < 0,000$) como entre os locais de cultivo ($p = 0,024$). No geral, maior AA foi observada na bebida dos genótipos cultivados em Bananal do Norte, sendo o maior obtido na cultivar Diamante, de maturação precoce, no genótipo 101P (9,78 mg de TROLOX mL⁻¹ da bebida) (Tabela 3.8). Ocorreu interação entre local de cultivo e o genótipo ($p < 0,000$), indicando que a AA de cada genótipo sofreu influência do local de cultivo, mas esse efeito foi dependente do genótipo.

Tabela 3.8 - Atividade antioxidante* (mg de TROLOX mL⁻¹ da bebida) em *Coffea canephora* cultivados em dois locais de plantio.

Cultivar	Genótipo	Fazenda Experimental	
		Marilândia	Bananal do Norte
Diamante (maturação precoce)	101P	5,73 ^{Bi} ± 0,10	9,78 ^{Aa} ± 0,30
	103P	8,50 ^{Bab} ± 0,30	9,29 ^{Aab} ± 0,50
	105P	8,18 ^{Aabc} ± 0,15	7,37 ^{Befg} ± 0,30
	106P	7,22 ^{Bdef} ± 0,10	8,54 ^{Abcd} ± 0,35
	108P	7,58 ^{Bcde} ± 0,30	9,00 ^{Aabc} ± 0,40
	Média** ± DP (CV%)	7,44 ± 1,08 (15)	8,80 ± 0,92 (10)
Jequitibá (maturação intermediária)	201I	6,51 ^{Afghi} ± 0,20	6,48 ^{Agh} ± 0,25
	202I	7,15 ^{Adefg} ± 0,20	7,22 ^{Afg} ± 0,10
	203I	7,79 ^{Abcde} ± 0,30	7,15 ^{Bfg} ± 0,30
	207I	7,01 ^{Aefgh} ± 0,10	6,19 ^{Bh} ± 0,15
	209I	8,01 ^{Aabcd} ± 0,00	6,83 ^{Bgh} ± 0,25
	Média** ± DP (CV%)	7,30 ± 0,61 (8)	6,78 ± 0,44 (7)
Centenária (maturação tardia)	301T	7,33 ^{Acdef} ± 0,05	7,26 ^{Afg} ± 0,45
	302T	7,30 ^{Bcdef} ± 0,30	8,43 ^{Abcd} ± 0,30
	303T	8,86 ^{Aa} ± 0,30	8,26 ^{Bcde} ± 0,15
	306T	6,30 ^{Bghi} ± 0,10	7,79 ^{Adef} ± 0,40
	307T	6,16 ^{Bhi} ± 0,20	8,61 ^{Abcd} ± 0,35
	Média** ± DP (CV%)	7,19 ± 1,08 (15)	8,07 ± 0,55 (7)

*Valor médio ± desvio padrão para as duplicatas de extração de cada amostra.

**Valor médio na cultivar ± DP (desvio padrão) e CV (coeficiente de variação) entre genótipos da mesma cultivar.

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na mesma linha não diferem significativamente entre os locais (Tukey, $p \leq 0,05$).

Médias seguidas de uma mesma letra minúscula na mesma coluna não diferem significativamente entre os genótipos (Tukey, $p \leq 0,05$).

Interessante observar que, apesar da variação na AA das bebidas (CVs de 7% a 16%) (Tabela 3.8), essa foi no geral inferior à variabilidade encontrada na composição das bebidas (Tabelas 3.3 a 3.7 e 3.1S a 3.11S, material suplementar). Kitzberger et al. (2014), estudando sete genótipos de café *C. arabica* cultivados nas mesmas condições edafo-climáticas, demonstraram que a variabilidade genética exerceu um efeito mais significativo sobre o perfil de compostos bioativos do café do que sobre a AA. Comportamento similar tem sido reportado na literatura para produtos de café, sendo observada menor variação na AA comparada à variabilidade na composição de cafés torrados e solúveis produzidos por diferentes processos, bem como descrito que a AA é mais dependente da matéria prima do que dos processos empregados (CORSO; VIGNOLI; BENASSI, 2016; VIGNOLI; BASSOLI; BENASSI, 2011; VIGNOLI et al., 2014; VIGNOLI et al., 2016). Considerando-se que a AA da bebida é resultante do balanço na atividade dos compostos bioativos presentes, como ácidos clorogênicos totais, trigonelina, cafeína e melanoidinas, variações específicas na composição desses bioativos podem ser atenuadas quando se avalia o potencial antioxidante global da bebida.

A análise de componentes principais foi utilizada para caracterizar e discriminar as bebidas dos genótipos, correlacionando os compostos e AA da bebida. As componentes principais (CP1 e CP2) explicaram 68% da variância total. A CP1 foi caracterizada principalmente por cafeína, trigonelina, ácidos clorogênicos totais e acidez titulável, enquanto que a CP2 foi caracterizada principalmente por carboidratos livres totais e melanoidinas (Figura 3.1a). Observou-se correlação entre a AA (variável suplementar) e os teores de cafeína ($r=0,58$), trigonelina ($r=0,51$), ácidos clorogênicos totais ($r=0,53$) e melanoidinas ($r=0,66$), conforme já descrito na literatura por Perrone et al. (2012) e Vignoli et al. (2014).

Observa-se que os genótipos da cultivar Jequitibá, de maturação intermediária, foram alocados no primeiro e quarto quadrante, a direita no gráfico de projeção das amostras (Figura 3.1b), caracterizando-se por menores teores de cafeína, trigonelina e ácidos clorogênicos totais e AA. Destaca-se como exceção o genótipo 203I cultivado em Marilândia, com comportamento oposto, apresentando altos teores desses bioativos (Figura 3.1, Tabelas 3.2, 3.3 e 3.4).

No geral, a maioria dos genótipos da cultivar Centenária, de maturação tardia, foi alocada no terceiro e quarto quadrantes, na região inferior do gráfico, e os genótipos da cultivar Diamante, de maturação precoce, estão mais concentrados no

segundo quadrante e na região central do gráfico (Figura 3.1b). Interessante verificar que, considerando-se o conjunto de componentes da bebida de forma global, não houve discriminação clara entre as cultivares, indicando que a época de maturação dos frutos (cultivar precoce, intermediária ou tardia) tem menor impacto na composição química da bebida e AA, sendo a variação entre os genótipos de um mesmo cultivar mais relevante. Essa informação é bastante positiva considerando produtor, indústria e consumidor, uma vez que mesmo empregando frutos com época de maturação distinta é possível obter características de composição e AA similares para a bebida de café.

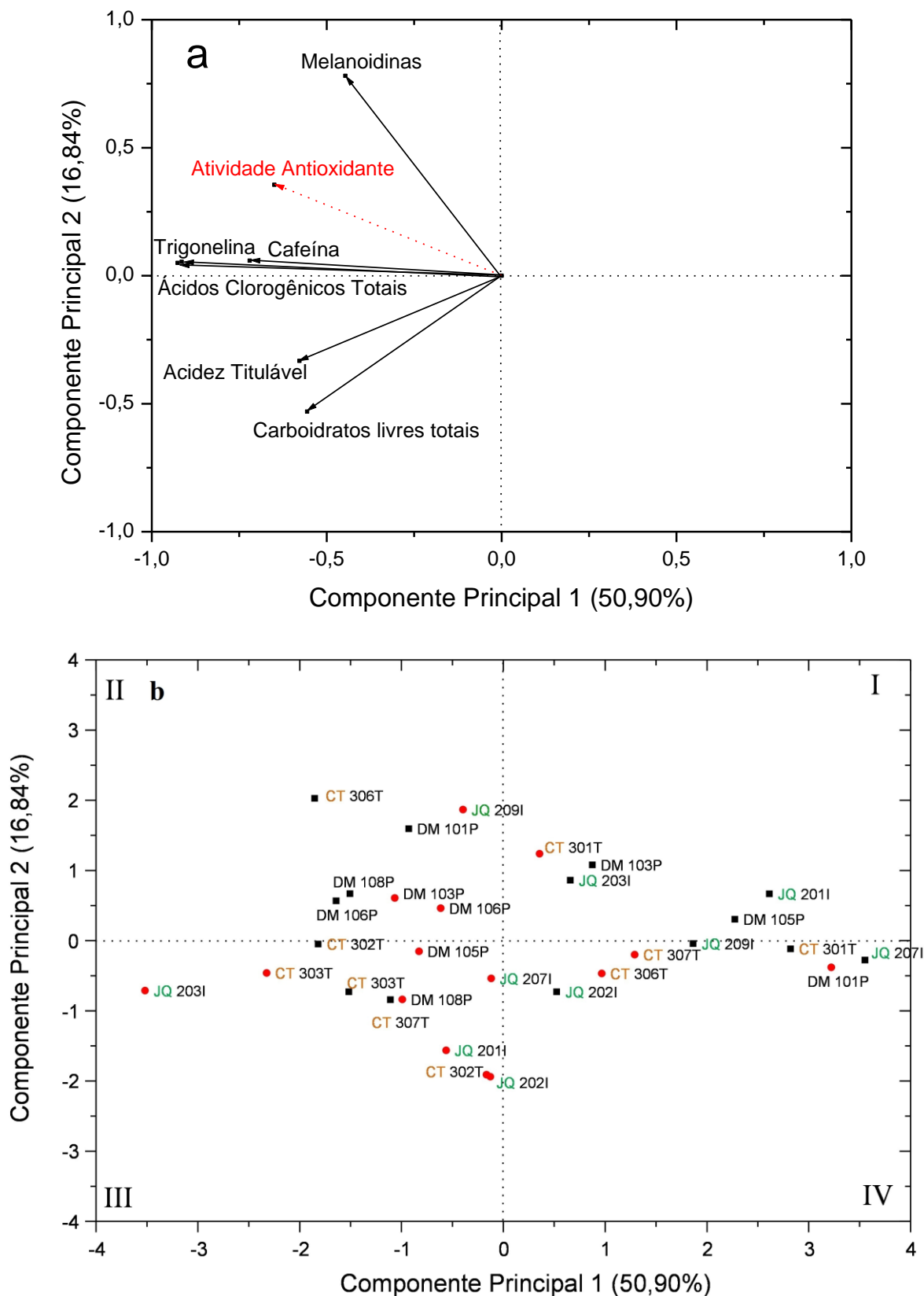


Figura 3.1 – ACP considerando a composição química e atividade antioxidante de bebidas de *Coffea canephora*: projeção das variáveis (a) e gráfico de amostras (b). Variáveis: ativa —, suplementar—; Local: ■ Bananal do Norte, ● Marilândia; Cultivar: **DM**: Diamante; **JQ**: Jequitibá; **CT**: Centenária. Genótipos: identificados pelos números. Quadrantes: identificados por algarismos romanos.

Com relação ao local de plantio, não foi possível verificar uma discriminação considerando-se o conjunto dos componentes das bebidas. Destaca-se apenas que alguns genótipos apresentam grande similaridade considerando os dois locais (como Centenária 303T e Diamante 106P) enquanto que para outros há indicação de efeito do local (Diamante 101P e Jequitibá 207I e 203I). Estudos posteriores com acompanhamento de safras seriam necessários para uma avaliação mais adequada.

3.4 Conclusões

Observa-se efeito significativo do genótipo e interação entre genótipo e local de cultivo na composição das bebidas das cultivares Diamante Incaper 8112, Jequitibá Incaper 8122 e Centenária Incaper 8132. Teores mais altos de trigonelina e carboidratos livres totais e maiores valores de acidez total titulável foram encontrados nas bebidas dos genótipos cultivados em Marilândia.

A época de maturação dos frutos (cultivar precoce, intermediária ou tardia) tem pouco impacto na composição química da bebida e a AA, sendo a variação entre os genótipos de um mesmo cultivar mais relevante. As bebidas das três cultivares apresentam expressiva AA, associada aos teores de cafeína, trigonelina, ácidos clorogênicos totais e melanoidinas.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq e CAPES pela concessão de bolsas de estudo e apoio financeiro (Edital Universal CNPq 14/2014 - Processo: 445757/2014-0). Ao IAPAR por ter cedido os torradores para a realização da torra dos cafés.

Referências

ABIC - Associação Brasileira da Indústria de Café. **Norma de Qualidade Recomendável e Boas Práticas de Fabricação de Cafés Torrados em Grão e Cafés Torrados e Moídos**. (2016) Revisão 27. Disponível em: <<http://www.abic.com.br/publique/media/Norma%20de%20qualidade.pdf>>. Acesso em: 03 ago. 2016.

ALVES, R.C.; CASAL, S.; OLIVEIRA, B. Benefícios do café na saúde: mito ou realidade? **Química Nova**, São Paulo, v, 32, n. 8, p. 2169-2180, 2009.

AOAC – Official Methods of Analysis of AOAC International – 17^o Ed. - Method 932.14C Solids in Syrups (2003).

BELITZ, H. D.; GROSCH, W.; SCHIEBERLE, P. Coffee, Tea, Cocoa. In:_____. **Food Chemistry**. 4ed. Berlin: Springer, 2009. p. 938-969.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regulamento técnico de identidade e de qualidade para a classificação do café beneficiado e do grão verde**. Instrução Normativa nº8 de 11 de jun. 2003.

BUENAVENTURA-SERRANO, C. E.; CASTAÑO-CASTRILLÓN, J. J. Influencia de la altitud en la calidad de la bebida de muestras de café procedente del ecotopo 206B en Colombia. **Cenicafé**, Chinchina, v. 53, n. 2, p. 119-131, 2002

CLARKE, R.; MACRAE. **Coffee**. v. 1. Londres: Elsevier Applied Science Publishers, 1985. Capítulo 3, p. 83-113

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. (2016). Acompanhamento da safra brasileira: Café. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_01_20_09_24_06_boletim_cafe_-_janeiro_2016.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2016.

CORSO, M. P.; VIGNOLI, J. A.; BENASSI, M. T. Development of an instant coffee enriched with chlorogenic acids. **Journal of Food Science and Technology**, Karnataka, v. 53, n. 3, p. 1380-1388, 2016.

DAVIS, G. E.; GARWOOD, V. W.; BARFUSS, D. L.; HUSAINI, S. A.; BLANC, M. B.; VIANI, R. Chromatographic Profile of Carbohydrates in Commercial Coffees. 2. Identification of Mannitol. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.38, n. 6, p. 1347-1350, 1990.

FARAH, A.; SANTOS, T. F. The coffee plant and beans: An introduction. In: Preedy, V.R. (Ed.). **Coffee in Health and Disease Prevention**, 1 Ed. Londres, Inglaterra: Elsevier. 2015. p. 5-10.

FERRÃO, M. A. G; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G.; BARBOSA, W. M.; SOUZA, E. M. R. Genetic divergence in Conilon coffee revealed by RAPD markers. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v.9, n.1, p. 67-74, 2009.

FREEDMAN N. D.; PARK Y.; ABNET C. C.; HOLLENBECK A. R.; SINHA R. Association of coffee drinking with total and cause-specific mortality. **New England Journal of Medicine**, Boston, v. 366, n. 20, p. 1891-1904, 2012.

FOGLIANO, V.; MORALES, F. J. Estimation of dietary intake of melanoidins from coffee and bread. **Food & Function**, Cambridge, v. 2, n. 2, p. 117-123, 2011.

GAASCHT, F.; DICATO, M.; DIEDERICH, M. F. Coffee provides a natural multitarget pharmacopeia against the hallmarks of cancer. **Genes & Nutrition**, New Orleans, v. 10, n. 51, p. 1-17, 2015.

GINZ, M.; BALZER, H. H.; BRADBURY, A. G. W.; MAIER, H. G. Formation of aliphatic acids by carbohydrate degradation during roasting of coffee. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 211, n. 6, p. 404–410, 2000.

GLOESS, A. N.; SCHÖNBÄCHLER, B.; KLOPPROGGE, B.; D'AMBROSIO, L. CHATELAIN, K.; BONGARTZ, A.; STRITTMATTER, A.; RAST, M.; YERETZIAN, C. Comparison of nine common coffee extraction methods: instrumental and sensory analysis. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 236, n. 4, p. 606–627, 2013.

INCAPER. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. **Diamante ES8112**. Documento 219. Nova variedade clonal de café conilon de maturação precoce para o Espírito Santo. Disponível em: <<http://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/786/1/01-FOLDER-VARIEDADE-CAFE-DIAMANTE.pdf>>. Acesso em: 03 ago. 2016a.

INCAPER. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. **ES8122 Jequitibá**. Documento 220. Nova variedade clonal de café conilon de maturação intermediária para o Espírito Santo. Disponível em: <<http://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/787/1/02-FOLDER-VARIEDADE-CAFE-JEQUITIBA.pdf>>

INCAPER. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. **Centenária ES8132**. Documento 221. Nova variedade clonal de café conilon de maturação tardia para o Espírito Santo. Disponível em: <<http://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/785/1/03-FOLDER-VARIEDADE-CAFE-CENTENARIA.pdf>>. Acesso em: 03 ago. 2016c.

ISO – Internacional Standard 11292:1995. Instant coffee – Determination of free and total carbohydrate contents – Method using high performance anion-exchange chromatography.

ISO – Internacional Standard 24114:2011. Instant coffee – Criteria for authenticity.

KENNEDY, O. J.; RODERICK, P.; BUCHANAN, R.; FALLOWFIELD, J. A.; HAYES, P. C.; PARKES, J. Systematic review with meta-analysis: coffee consumption and the risk of cirrhosis. **Alimentary Pharmacology and Therapeutics**, Oxford, v. 43 n. 5 p. 562–574, 2016

LELOUP, V.; LIARDON, R. Analytical characterization of coffee carbohydrates. ASIC 15° Colloque, Montpellier, v.45, p.863-865, 1993

LUDWIG, I. A.; SANCHEZ, L.; CAEMMERER, B.; KROH, L. W.; PEÑA, M. P.; CID, C. Extraction of coffee antioxidants: Impact of brewing time and method., **Food Research International**, Essex, v. 48, n. 1, p. 57-64, 2012.

LUDWIG, I. A.; CLIFFORD, M. N.; LEAN, M. E. J.; ASHIHARAD, H.; CROZIER, Coffee: biochemistry and potential impact on health. **Food and Function**, Cambridge, v. 5, n. 8, p. 1695–1717, 2014.

MAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Culturas: Café**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/cafe/saiba-mais>>. Acesso em: 03 ago. 2016.

MENDES, L. C.; MENEZES, H. C.; SILVA, M. A. A. P. Optimization of the roasting of robusta coffee (*C. canephora* conillon) using acceptability tests and RSM. **Food Quality and Preference**, Barking, v.12, n. 2, p. 153-162, 2001.

NILSSON, L. M. Boiled Coffee: An Arctic Example of Potential Residual and Unmeasured Confounding in Coffee Epidemiology. In: Preedy, V.R. (Ed.). **Coffee in Health and Disease Prevention**, 1 Ed. Londres, Inglaterra: Elsevier. 2015. p. 265-274.

NOGUEIRA, M.; TRUGO, L. C. Distribuição de isômeros de ácido clorogênico e teores de cafeína e trigonelina em cafés solúveis brasileiros. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.23, n.2, p.296-299, 2003.

OOSTERVELD, A.; VORAGEN, A. G. J.; SCHOLS, H. A. Effect of roasting on the carbohydrate composition of *Coffea arabica* beans. **Carbohydrate Polymers**, Oxford, v. 54, n. 2, p. 183-192, 2003.

PÉREZ-HERNÁNDEZ, L. M.; CHÁVEZ-QUIROZ, K.; MEDINA-JUÁREZ, L. M.; MEZA, N. G. Phenolic Characterization, Melanoidins, and Antioxidant Activity of Some Commercial Coffees from *Coffea arabica* and *Coffea canephora*. **Journal of the Mexican Chemical Society**, Cidade do México. v. 56, n.4, 430-435, 2012.

PERRONE, D.; FARAH, A; DONANGELO, C. M. Influence of coffee roasting on the incorporation of phenolic compounds into melanoidins and their relationship with antioxidant activity of the brew. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.60, n. 17, p. 4265-4275, 2012.

PRODOLLIET, J.; HISCENHUBER, C. Food authentication by carbohydrate chromatography. **Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung A**, Berlin, v. 207, n. 1, p. 1-12, 1998.

RODRIGUES, C. I.; MARTA, L.; MAIA, R.; MIRANDA, M.; RIBEIRINHO, M.; MÁGUAS, C. Application of solid-phase extraction to brewed coffee caffeine and organic acid determination by UV/HPLC. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 20, n.5 , p. 440-448, 2007.

SISVAR. **Sistema de análise de variância de dados balanceados** - Versão 5.6. Disponível em: <<http://www.dex.ufla.br/~danielff/programas/sisvar.html>>. Acesso em: 09 jun. 2016.

SCHOLZ, M. B. S.; SILVA, J. V. N.; FIGUEIREDO, V. R.G.; KITZBERGER, C. S. G. Atributos sensoriais e características físico-químicas de bebida de cultivares de café do IAPAR. **Coffee Science**, Lavras, v.8, n.1, p. 6-16, 2013

SIVETZ, M.; DESROSIER, N.W. **Coffee technology**. Westport: Avi, 1979. 716p.

STATSOFT. **STATISTICA for Windows**: computer program manual. Versão 7.1.Tulsa: Software Inc., 2006.

TAGLIAZUCCHI, D.; VERZELLONI, E.; CONTE, A. Effect of Dietary Melanoidins on Lipid Peroxidation during Simulated Gastric Digestion: Their Possible Role in the Prevention of Oxidative Damage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.58, n. 4, p. 2513-2519, 2010.

USDA. U.S. Department of Agriculture. Robusta Coffee Production. Disponível em : <<http://apps.fas.usda.gov/psdonline/psdReport.aspx?hidReportRetrievalName=Table+03C+Robusta+Coffee+Production&hidReportRetrievalID=1679&hidReportRetrievalTemplateID=8>>. Acesso em: 03 ago. 2016.

VIGNOLI, J. A.; BASSOLI, D. G.; BENASSI, M. T. Antioxidant activity, polyphenols, caffeine and melanoidins in soluble coffee: The influence of processing conditions and raw material. **Food Chemistry**, Barking, v. 124, n. 2, p. 863-868, 2011.

VIGNOLI, J. A.; VIEGAS, M. C.; BASSOLI, D. G.; BENASSI, M. T. Roasting process affects differently the bioactive compounds and the antioxidant activity of arabica and robusta coffees, **Food Research International**, Essex, v. 61, 279-285, 2014.

VIGNOLI, J. A.; VIEGAS, M. C.; BASSOLI, D. G.; BENASSI, M. T. Coffee brews preparation: extraction of bioactive compounds and antioxidant activity. In: Massey, J. L. (Ed). **Coffee: Production, Consumption and Health Benefits**, 1 Ed. New York: Nova Publishers. 2016. p. 29-49.

Material Suplementar

Tabela 3.1S - Teores* de 5ACQ ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ da bebida) em *Coffea canephora* cultivados em dois locais de plantio.

Cultivar	Genótipo	Fazenda Experimental	
		Marilândia	Bananal do Norte
Diamante (maturação precoce)	101P	188 ^{Bd} ± 67	227 ^{Abcde} ± 29
	103P	258 ^{Aabcd} ± 47	252 ^{Abcd} ± 37
	105P	270 ^{Aabc} ± 33	162 ^{Be} ± 20
	106P	223 ^{Acđ} ± 27	263 ^{Abc} ± 22
	108P	319 ^{Aab} ± 66	303 ^{Aab} ± 51
	Média** ± DP (CV%)	250 ± 52 (21)	241 ± 52 (22)
Jequitibá (maturação intermediária)	201I	215 ^{Acđ} ± 8	159 ^{Be} ± 42
	202I	191 ^{Acđ} ± 22	176 ^{Ade} ± 1
	203I	335 ^{Aa} ± 70	198 ^{Bcde} ± 28
	207I	269 ^{Aabc} ± 24	158 ^{Be} ± 73
	209I	244 ^{Abcd} ± 42	173 ^{Bde} ± 43
	Média** ± DP (CV%)	251 ± 56 (22)	172 ± 17 (10)
Centenária (maturação tardia)	301T	213 ^{Acđ} ± 34	146 ^{Be} ± 56
	302T	195 ^{Bcd} ± 35	302 ^{Aab} ± 44
	303T	330 ^{Aa} ± 65	344 ^{Aa} ± 68
	306T	257 ^{Aabcd} ± 52	286 ^{Aab} ± 15
	307T	200 ^{Bcd} ± 24	270 ^{Aabc} ± 55
	Média** ± DP (CV%)	239 ± 56 (24)	270 ± 74 (28)

*Teor médio ± desvio padrão para as duplicatas de extração de cada amostra.

**Teor médio na cultivar ± DP (desvio padrão) e CV (coeficiente de variação) entre genótipos da mesma cultivar.

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na mesma linha não diferem significativamente entre os locais (Tukey, $p \leq 0,05$).

Médias seguidas de uma mesma letra minúscula na mesma coluna não diferem significativamente entre os genótipos (Tukey, $p \leq 0,05$).

Tabela 3.2S - Teores* de manitol ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ da bebida) em *Coffea canephora* cultivados em dois locais de plantio.

Cultivar	Genótipo	Fazenda Experimental	
		Marilândia	Bananal do Norte
Diamante (maturação precoce)	101P	1,97 ^{Bdef} ± 0,05	3,21 ^{Abcd} ± 0,19
	103P	4,30 ^{Abc} ± 0,73	1,40 ^{Bef} ± 0,13
	105P	1,80 ^{Aef} ± 0,04	1,44 ^{Aef} ± 0,18
	106P	1,46 ^{Aef} ± 0,04	1,96 ^{Adef} ± 0,13
	108P	3,93 ^{Abc} ± 1,03	3,37 ^{Abc} ± 0,64
	Média** ± DP (CV%)	2,69 ± 1,32 (49)	2,28 ± 0,95 (42)
Jequitibá (maturação intermediária)	201I	4,13 ^{Abc} ± 0,25	0,94 ^{Bf} ± 0,09
	202I	4,11 ^{Bbc} ± 0,16	5,12 ^{Aa} ± 0,01
	203I	4,90 ^{Ab} ± 0,06	2,19 ^{Bcdef} ± 0,31
	207I	6,40 ^{Aa} ± 0,65	1,51 ^{Bef} ± 0,09
	209I	0,97 ^{Bf} ± 0,18	2,65 ^{Acde} ± 0,63
	Média** ± DP (CV%)	4,10 ± 1,98 (48)	2,48 ± 1,61 (65)
Centenária (maturação tardia)	301T	2,11 ^{Bdef} ± 0,30	4,11 ^{Aab} ± 0,31
	302T	1,51 ^{Bef} ± 0,05	3,55 ^{Abc} ± 0,12
	303T	3,21 ^{Bcd} ± 0,33	4,38 ^{Aab} ± 0,10
	306T	2,46 ^{Ade} ± 0,63	1,29 ^{Bef} ± 0,10
	307T	2,03 ^{Bdef} ± 0,13	5,20 ^{Aa} ± 0,54
	Média** ± DP (CV%)	2,27 ± 0,63 (28)	3,71 ± 1,48 (40)

*Teor médio ± desvio padrão para as duplicatas de extração de cada amostra.

**Teor médio na cultivar ± DP (desvio padrão) e CV (coeficiente de variação) entre genótipos da mesma cultivar.

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na mesma linha não diferem significativamente entre os locais (Tukey, $p \leq 0,05$).

Médias seguidas de uma mesma letra minúscula na mesma coluna não diferem significativamente entre os genótipos (Tukey, $p \leq 0,05$).

Tabela 3.3S - Teores* de fucose ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ da bebida) em *Coffea canephora* cultivados em dois locais de plantio.

Cultivar	Genótipo	Fazenda Experimental	
		Marilândia	Bananal do Norte
Diamante (maturação precoce)	101P	1,49 ^{Bfg} ± 0,38	3,09 ^{Aab} ± 1,22
	103P	2,31 ^{Adef} ± 0,10	2,23 ^{Aabc} ± 0,05
	105P	0,93 ^{Bg} ± 0,02	2,11 ^{Aabc} ± 0,33
	106P	2,29 ^{Adef} ± 0,02	2,37 ^{Aabc} ± 0,05
	108P	4,34 ^{Aab} ± 0,02	2,23 ^{Babc} ± 0,84
	Média** ± DP (CV%)	2,27 ± 1,29 (57)	2,41 ± 0,39 (16)
Jequitibá (maturação intermediária)	201I	3,37 ^{Abcd} ± 0,19	1,53 ^{Bc} ± 0,00
	202I	2,75 ^{Ade} ± 0,03	3,19 ^{Aa} ± 0,05
	203I	4,82 ^{Aa} ± 0,15	2,14 ^{Babc} ± 0,16
	207I	3,32 ^{Abcd} ± 0,03	1,51 ^{Bc} ± 0,32
	209I	2,42 ^{Adef} ± 0,28	1,68 ^{Bc} ± 0,30
	Média** ± DP (CV%)	3,34 ± 0,92 (28)	2,01 ± 0,79 (35)
Centenária (maturação tardia)	301T	2,48 ^{Adef} ± 0,09	3,12 ^{Aab} ± 0,18
	302T	4,03 ^{Aabc} ± 0,07	3,18 ^{Ba} ± 0,15
	303T	2,43 ^{Adef} ± 0,12	1,99 ^{Abc} ± 0,07
	306T	2,98 ^{Acd} ± 0,21	1,42 ^{Bc} ± 0,15
	307T	1,75 ^{Aefg} ± 0,12	2,15 ^{Aabc} ± 0,15
	Média** ± DP (CV%)	2,73 ± 0,85 (31)	2,37 ± 0,76 (32)

*Teor médio ± desvio padrão para as duplicatas de extração de cada amostra.

**Teor médio na cultivar ± DP (desvio padrão) e CV (coeficiente de variação) entre genótipos da mesma cultivar.

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na mesma linha não diferem significativamente entre os locais (Tukey, $p \leq 0,05$).

Médias seguidas de uma mesma letra minúscula na mesma coluna não diferem significativamente entre os genótipos (Tukey, $p \leq 0,05$).

Tabela 3.4S - Teores* de arabinose ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ da bebida) em *Coffea canephora* cultivados em dois locais de plantio.

Cultivar	Genótipo	Fazenda Experimental	
		Marilândia	Bananal do Norte
Diamante (maturação precoce)	101P	0,41 ^{Bd} ± 0,00	0,63 ^{Aabcd} ± 0,01
	103P	0,73 ^{Aabc} ± 0,00	0,48 ^{Bbcd} ± 0,06
	105P	0,41 ^{Ad} ± 0,01	0,42 ^{Acdd} ± 0,01
	106P	0,41 ^{Ad} ± 0,03	0,44 ^{Acdd} ± 0,01
	108P	0,55 ^{Aabcd} ± 0,01	0,66 ^{Aabc} ± 0,01
	Média** ± DP (CV%)	0,50 ± 0,14 (28)	0,53 ± 0,11 (22)
Jequitibá (maturação intermediária)	201I	0,98 ^{Aa} ± 0,00	0,41 ^{Bcd} ± 0,00
	202I	0,84 ^{Aab} ± 0,00	0,75 ^{Ahij} ± 0,02
	203I	0,50 ^{Acdd} ± 0,01	0,35 ^{Ad} ± 0,01
	207I	0,43 ^{Ad} ± 0,01	0,41 ^{Acdd} ± 0,01
	209I	0,46 ^{Acdd} ± 0,12	0,45 ^{Acdd} ± 0,02
	Média** ± DP (CV%)	0,64 ± 0,25 (39)	0,47 ± 0,16 (34)
Centenária (maturação tardia)	301T	0,52 ^{Acdd} ± 0,02	0,65 ^{Aabc} ± 0,00
	302T	0,34 ^{Bd} ± 0,00	0,81 ^{Aa} ± 0,02
	303T	0,61 ^{Abc} ± 0,18	0,69 ^{Aabc} ± 0,28
	306T	0,41 ^{Ad} ± 0,02	0,45 ^{Acdd} ± 0,00
	307T	0,41 ^{Ad} ± 0,00	0,57 ^{Aabcd} ± 0,27
	Média** ± DP (CV%)	0,46 ± 0,11 (23)	0,63 ± 0,13 (21)

*Teor médio ± desvio padrão para as duplicatas de extração de cada amostra.

**Teor médio na cultivar ± DP (desvio padrão) e CV (coeficiente de variação) entre genótipos da mesma cultivar.

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na mesma linha não diferem significativamente entre os locais (Tukey, $p \leq 0,05$).

Médias seguidas de uma mesma letra minúscula na mesma coluna não diferem significativamente entre os genótipos (Tukey, $p \leq 0,05$).

Tabela 3.5S - Teores* de galactose ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ da bebida) em *Coffea canephora* cultivados em dois locais de plantio.

Cultivar	Genótipo	Fazenda Experimental	
		Marilândia	Bananal do Norte
Diamante (maturação precoce)	101P	0,72 ^{Bf} ± 0,00	1,89 ^{Ab} ± 0,02
	103P	1,23 ^{Accd} ± 0,03	0,50 ^{Bhi} ± 0,05
	105P	0,76 ^{Af} ± 0,03	0,38 ^{Bi} ± 0,06
	106P	0,92 ^{Aef} ± 0,03	0,60 ^{Bfghi} ± 0,03
	108P	2,09 ^{Aa} ± 0,15	1,67 ^{Bb} ± 0,02
	Média** ± DP (CV%)	1,14 ± 0,56 (49)	1,01 ± 0,71 (71)
Jequitibá (maturação intermediária)	201I	1,56 ^{Ab} ± 0,00	0,55 ^{Bghi} ± 0,04
	202I	1,23 ^{Bcd} ± 0,01	2,20 ^{Aa} ± 0,03
	203I	2,31 ^{Aa} ± 0,13	0,69 ^{Befgh} ± 0,12
	207I	1,49 ^{Abcd} ± 0,01	0,84 ^{Bdefg} ± 0,03
	209I	1,21 ^{Ade} ± 0,14	0,56 ^{Bghi} ± 0,02
	Média** ± DP (CV%)	1,56 ± 0,45 (29)	0,97 ± 0,70 (73)
Centenária (maturação tardia)	301T	0,81 ^{Af} ± 0,07	0,93 ^{Ade} ± 0,01
	302T	1,29 ^{Abcd} ± 0,06	0,87 ^{Bdef} ± 0,01
	303T	1,50 ^{Abc} ± 0,29	1,05 ^{Bcd} ± 0,03
	306T	1,40 ^{Abcd} ± 0,02	0,65 ^{Befghi} ± 0,02
	307T	0,84 ^{Bf} ± 0,04	1,33 ^{Ac} ± 0,10
	Média** ± DP (CV%)	1,17 ± 0,32 (28)	0,97 ± 0,25 (26)

*Teor médio ± desvio padrão para as duplicatas de extração de cada amostra.

**Teor médio na cultivar ± DP (desvio padrão) e CV (coeficiente de variação) entre genótipos da mesma cultivar.

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na mesma linha não diferem significativamente entre os locais (Tukey, $p \leq 0,05$).

Médias seguidas de uma mesma letra minúscula na mesma coluna não diferem significativamente entre os genótipos (Tukey, $p \leq 0,05$).

Tabela 3.6S - Teores* de glicose ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ da bebida) em *Coffea canephora* cultivados em dois locais de plantio.

Cultivar	Genótipo	Fazenda Experimental	
		Marilândia	Bananal do Norte
Diamante (maturação precoce)	101P	0,72 ^{Bef} ± 0,00	1,59 ^{Ab} ± 0,03
	103P	0,95 ^{Adef} ± 0,01	0,55 ^{Bc} ± 0,13
	105P	0,58 ^{Af} ± 0,03	0,55 ^{Ac} ± 0,04
	106P	0,94 ^{Adef} ± 0,09	0,63 ^{Bc} ± 0,05
	108P	1,61 ^{Ab} ± 0,05	1,81 ^{Aab} ± 0,03
	Média** ± DP (CV%)	0,96 ± 0,40 (41)	1,03 ± 0,62 (61)
Jequitibá (maturação intermediária)	201I	1,59 ^{Abc} ± 0,15	0,80 ^{Bc} ± 0,00
	202I	0,96 ^{Bdef} ± 0,01	2,05 ^{Aa} ± 0,21
	203I	1,76 ^{Aab} ± 0,10	0,80 ^{Bc} ± 0,04
	207I	1,62 ^{Ab} ± 0,18	0,92 ^{Bc} ± 0,03
	209I	2,00 ^{Aab} ± 0,43	0,54 ^{Bc} ± 0,09
	Média** ± DP (CV%)	1,59 ± 0,39 (24)	1,02 ± 0,59 (58)
Centenária (maturação tardia)	301T	1,19 ^{Bcd} ± 0,03	1,66 ^{Aab} ± 0,09
	302T	2,06 ^{Aa} ± 0,25	0,87 ^{Bc} ± 0,01
	303T	1,13 ^{Ade} ± 0,02	0,86 ^{Bc} ± 0,06
	306T	1,89 ^{Aab} ± 0,06	0,73 ^{Bc} ± 0,01
	307T	1,08 ^{Ade} ± 0,01	0,85 ^{Ac} ± 0,18
	Média** ± DP (CV%)	1,47 ± 0,47 (31)	0,99 ± 0,38 (38)

*Teor médio ± desvio padrão para as duplicatas de extração de cada amostra.

**Teor médio na cultivar ± DP (desvio padrão) e CV (coeficiente de variação) entre genótipos da mesma cultivar.

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na mesma linha não diferem significativamente entre os locais (Tukey, $p \leq 0,05$).

Médias seguidas de uma mesma letra minúscula na mesma coluna não diferem significativamente entre os genótipos (Tukey, $p \leq 0,05$).

Tabela 3.7S - Teores* de xilose ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ da bebida) em *Coffea canephora* cultivados em dois locais de plantio.

Cultivar	Genótipo	Fazenda Experimental	
		Marilândia	Bananal do Norte
Diamante (maturação precoce)	101P	3,34 ^{Bjk} \pm 0,04	9,81 ^{Ad} \pm 0,02
	103P	10,78 ^{Ae} \pm 0,40	5,88 ^{Bh} \pm 0,07
	105P	12,63 ^{Ad} \pm 0,27	6,85 ^{Bfg} \pm 0,08
	106P	9,08 ^{Af} \pm 0,24	7,89 ^{Be} \pm 0,07
	108P	15,31 ^{Ac} \pm 0,12	3,95 ^{Bi} \pm 0,03
	Média** \pm DP (CV%)	10,23 \pm 4,49 (44)	6,88 \pm 2,19 (32)
Jequitibá (maturação intermediária)	201I	7,34 ^{Ag} \pm 0,03	3,22 ^{Bij} \pm 0,12
	202I	17,20 ^{Ab} \pm 0,03	11,00 ^{Bc} \pm 0,18
	203I	18,44 ^{Aa} \pm 0,28	7,18 ^{Bef} \pm 0,32
	207I	7,13 ^{Ag} \pm 0,07	2,94 ^{Bj} \pm 0,03
	209I	4,21 ^{Bi} \pm 0,09	7,08 ^{Afg} \pm 0,11
	Média** \pm DP (CV%)	10,86 \pm 6,49 (60)	6,28 \pm 3,32 (53)
Centenária (maturação tardia)	301T	2,66 ^{Ak} \pm 0,06	2,63 ^{Aj} \pm 0,03
	302T	5,91 ^{Bh} \pm 0,10	7,16 ^{Aef} \pm 0,01
	303T	10,61 ^{Be} \pm 0,01	19,47 ^{Aa} \pm 0,05
	306T	5,32 ^{Bh} \pm 0,22	6,34 ^{Agh} \pm 0,05
	307T	3,68 ^{Bij} \pm 0,18	15,06 ^{Ab} \pm 0,83
	Média** \pm DP (CV%)	5,64 \pm 3,07 (54)	10,13 \pm 6,91 (68)

*Teor médio \pm desvio padrão para as duplicatas de extração de cada amostra.

**Teor médio na cultivar \pm DP (desvio padrão) e CV (coeficiente de variação) entre genótipos da mesma cultivar.

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na mesma linha não diferem significativamente entre os locais (Tukey, $p \leq 0,05$).

Médias seguidas de uma mesma letra minúscula na mesma coluna não diferem significativamente entre os genótipos (Tukey, $p \leq 0,05$).

Tabela 3.8S - Teores* de manose ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ da bebida) em *Coffea canephora* cultivados em dois locais de plantio.

Cultivar	Genótipo	Fazenda Experimental	
		Marilândia	Bananal do Norte
Diamante (maturação precoce)	101P	1,11 ^{Bfg} ± 0,01	1,90 ^{Aa} ± 0,01
	103P	1,37 ^{Acdefg} ± 0,11	1,11 ^{Bbc} ± 0,00
	105P	1,18 ^{Aefg} ± 0,01	0,84 ^{Bc} ± 0,01
	106P	1,27 ^{Aefg} ± 0,02	1,16 ^{Bbc} ± 0,08
	108P	1,74 ^{Aabc} ± 0,04	1,74 ^{Aa} ± 0,02
	Média** ± DP (CV%)	1,33 ± 0,25 (19)	1,35 ± 0,45 (33)
Jequitibá (maturação intermediária)	201I	1,66 ^{Aabcd} ± 0,04	1,08 ^{Bbc} ± 0,02
	202I	1,38 ^{Bcdefg} ± 0,00	1,89 ^{Aa} ± 0,16
	203I	1,92 ^{Aa} ± 0,08	1,04 ^{Bbc} ± 0,01
	207I	1,85 ^{Ab} ± 0,02	1,13 ^{Bbc} ± 0,01
	209I	1,20 ^{Aefg} ± 0,30	1,05 ^{Abc} ± 0,00
	Média** ± DP (CV%)	1,60 ± 0,31 (19)	1,24 ± 0,37 (30)
Centenária (maturação tardia)	301T	1,03 ^{Bg} ± 0,38	1,28 ^{Ab} ± 0,02
	302T	1,55 ^{Aabcde} ± 0,02	1,18 ^{Bbc} ± 0,02
	303T	1,34 ^{Adefg} ± 0,15	1,20 ^{Abc} ± 0,00
	306T	1,47 ^{Abcdef} ± 0,00	1,24 ^{Bb} ± 0,00
	307T	1,46 ^{Bcdef} ± 0,01	1,69 ^{Aa} ± 0,03
	Média** ± DP (CV%)	1,37 ± 0,20 (15)	1,32 ± 0,21 (16)

*Teor médio ± desvio padrão para as duplicatas de extração de cada amostra.

**Teor médio na cultivar ± DP (desvio padrão) e CV (coeficiente de variação) entre genótipos da mesma cultivar.

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na mesma linha não diferem significativamente entre os locais (Tukey, $p \leq 0,05$).

Médias seguidas de uma mesma letra minúscula na mesma coluna não diferem significativamente entre os genótipos (Tukey, $p \leq 0,05$).

Tabela 3.9S - Teores* de ribose ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ da bebida) em *Coffea canephora* cultivados em dois locais de plantio.

Cultivar	Genótipo	Fazenda Experimental	
		Marilândia	Bananal do Norte
Diamante (maturação precoce)	101P	0,22 ^{Bd} ± 0,01	0,45 ^{Aabc} ± 0,00
	103P	0,44 ^{Aabcd} ± 0,01	0,24 ^{Bbc} ± 0,00
	105P	0,26 ^{Ac} ± 0,03	0,22 ^{Abc} ± 0,01
	106P	0,24 ^{Ac} ± 0,00	0,22 ^{Abc} ± 0,02
	108P	0,58 ^{Aab} ± 0,03	0,31 ^{Babc} ± 0,00
	Média** ± DP (CV%)	0,35 ± 0,16 (45)	0,29 ± 0,10 (35)
Jequitibá (maturação intermediária)	201I	0,41 ^{Abcd} ± 0,01	0,21 ^{Bbc} ± 0,00
	202I	0,52 ^{Aabc} ± 0,05	0,55 ^{Aa} ± 0,01
	203I	0,70 ^{Aa} ± 0,05	0,20 ^{Bc} ± 0,01
	207I	0,35 ^{Abcd} ± 0,00	0,21 ^{Abc} ± 0,00
	209I	0,41 ^{Abcd} ± 0,16	0,46 ^{Aabc} ± 0,32
	Média** ± DP (CV%)	0,48 ± 0,14 (29)	0,32 ± 0,17 (51)
Centenária (maturação tardia)	301T	0,22 ^{Bd} ± 0,00	0,40 ^{Aabc} ± 0,18
	302T	0,28 ^{Ac} ± 0,01	0,37 ^{Aabc} ± 0,01
	303T	0,45 ^{Aabcd} ± 0,01	0,46 ^{Aabc} ± 0,04
	306T	0,28 ^{Ac} ± 0,01	0,25 ^{Abc} ± 0,00
	307T	0,18 ^{Bd} ± 0,02	0,48 ^{Aab} ± 0,06
	Média** ± DP (CV%)	0,28 ± 0,10 (37)	0,39 ± 0,09 (23)

*Teor médio ± desvio padrão para as duplicatas de extração de cada amostra.

**Teor médio na cultivar ± DP (desvio padrão) e CV (coeficiente de variação) entre genótipos da mesma cultivar.

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na mesma linha não diferem significativamente entre os locais (Tukey, $p \leq 0,05$).

Médias seguidas de uma mesma letra minúscula na mesma coluna não diferem significativamente entre os genótipos (Tukey, $p \leq 0,05$).

Tabela 3.10S - Teores* de frutose ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ da bebida) em *Coffea canephora* cultivados em dois locais de plantio.

Cultivar	Genótipo	Fazenda Experimental	
		Marilândia	Bananal do Norte
Diamante (maturação precoce)	101P	2,11 ^{Bd} ± 0,02	2,52 ^{Aab} ± 0,16
	103P	2,27 ^{Accd} ± 0,11	2,08 ^{Accd} ± 0,08
	105P	2,11 ^{Ad} ± 0,01	2,10 ^{Accd} ± 0,08
	106P	2,28 ^{Accd} ± 0,00	2,10 ^{Accd} ± 0,05
	108P	2,52 ^{Abc} ± 0,04	2,34 ^{Abcd} ± 0,04
	Média** ± DP (CV%)	2,26 ± 0,17 (7)	2,23 ± 0,19 (9)
Jequitibá (maturação intermediária)	201I	2,42 ^{Abcd} ± 0,19	2,14 ^{Bcd} ± 0,02
	202I	2,13 ^{Bd} ± 0,01	2,80 ^{Aa} ± 0,33
	203I	2,95 ^{Aa} ± 0,11	2,15 ^{Bcd} ± 0,00
	207I	2,13 ^{Ad} ± 0,07	2,07 ^{Accd} ± 0,02
	209I	2,32 ^{Accd} ± 0,07	2,05 ^{Bd} ± 0,03
	Média** ± DP (CV%)	2,39 ± 0,34 (14)	2,24 ± 0,31 (14)
Centenária (maturação tardia)	301T	2,32 ^{Accd} ± 0,07	2,32 ^{Abcd} ± 0,12
	302T	2,78 ^{Aab} ± 0,02	2,04 ^{Bd} ± 0,05
	303T	2,26 ^{Accd} ± 0,04	2,10 ^{Accd} ± 0,01
	306T	2,38 ^{Accd} ± 0,04	2,19 ^{Abcd} ± 0,03
	307T	2,24 ^{Accd} ± 0,01	2,40 ^{Abc} ± 0,04
	Média** ± DP (CV%)	2,40 ± 0,22 (9)	2,21 ± 0,15 (7)

*Teor médio ± desvio padrão para as duplicatas de extração de cada amostra.

**Teor médio na cultivar ± DP (desvio padrão) e CV (coeficiente de variação) entre genótipos da mesma cultivar.

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na mesma linha não diferem significativamente entre os locais (Tukey, $p \leq 0,05$).

Médias seguidas de uma mesma letra minúscula na mesma coluna não diferem significativamente entre os genótipos (Tukey, $p \leq 0,05$).

Tabela 3.11S - Teores* de sacarose ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ da bebida) em *Coffea canephora* cultivados em dois locais de plantio.

Cultivar	Genótipo	Fazenda Experimental	
		Marilândia	Bananal do Norte
Diamante (maturação precoce)	101P	0,00 ^{Bf} ± 0,00	8,77 ^{Aa} ± 0,28
	103P	8,66 ^{Af} ± 1,60	0,00 ^{Bd} ± 0,00
	105P	4,98 ^{Ad} ± 0,50	0,00 ^{Bd} ± 0,00
	106P	0,00 ^{Af} ± 0,00	0,00 ^{Ad} ± 0,00
	108P	1,34 ^{Aef} ± 1,48	0,00 ^{Ad} ± 0,00
	Média** ± DP (CV%)	3,00 ± 3,76 (126)	1,75 ± 3,92 (2246)
Jequitibá (maturação intermediária)	201I	8,02 ^{Ac} ± 0,40	0,00 ^{Bd} ± 0,00
	202I	26,38 ^{Aa} ± 0,44	8,02 ^{Bab} ± 0,28
	203I	3,36 ^{Ade} ± 1,60	0,00 ^{Bd} ± 0,00
	207I	0,00 ^{Af} ± 0,00	0,00 ^{Ad} ± 0,00
	209I	0,00 ^{Af} ± 0,00	0,00 ^{Ad} ± 0,00
	Média** ± DP (CV%)	7,55 ± 11,03 (146)	1,60 ± 3,58 (224)
Centenária (maturação tardia)	301T	0,00 ^{Af} ± 0,00	0,00 ^{Ad} ± 0,00
	302T	0,00 ^{Bf} ± 0,00	6,23 ^{Abc} ± 1,18
	303T	13,52 ^{Ab} ± 0,04	1,08 ^{Bd} ± 0,11
	306T	0,00 ^{Af} ± 0,00	0,00 ^{Ad} ± 0,00
	307T	0,00 ^{Bf} ± 0,00	5,22 ^{Ac} ± 1,17
	Média** ± DP (CV%)	2,71 ± 6,05 (224)	2,5 ± 2,99 (119)

*Teor médio ± desvio padrão para as duplicatas de extração de cada amostra. Valor zero corresponde a concentrações inferiores ao LQ ($1,12 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ da bebida)

**Teor médio na cultivar ± DP (desvio padrão) e CV (coeficiente de variação) entre genótipos da mesma cultivar.

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na mesma linha não diferem significativamente entre os locais (Tukey, $p \leq 0,05$).

Médias seguidas de uma mesma letra minúscula na mesma coluna não diferem significativamente entre os genótipos (Tukey, $p \leq 0,05$).

CAPÍTULO 4

PERFIL SENSORIAL DE BEBIDAS DE *Coffea canephora* DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

(A ser encaminhado para a revista Pesquisa Agropecuária Brasileira)

Perfil sensorial de bebidas de *Coffea canephora* do estado do Espírito Santo

Resumo

O objetivo do trabalho foi apresentar uma descrição sensorial de bebidas de genótipos de três cultivares clonais *C. canephora* desenvolvidas no Espírito Santo (Diamante ES8112, ES8122 'Jequitibá' e Centenária ES8132). Foram avaliados 9 amostras de café oriundas de três genótipos de cada cultivar e procedentes de duas regiões distintas do estado. Foi utilizada uma equipe treinada para avaliação de café e aplicaram-se os testes de perfil descritivo e de seleção de termos. O perfil descritivo ressalta uma maior intensidade dos atributos fragrância do pó, aroma característico da bebida, corpo, sabor característico e sabor residual, e uma menor intensidade de amargor, acidez, adstringência e defeitos das bebidas. Os termos amargor, forte, encorpado, adstringência e sabor residual característico de café são os mais relevantes na caracterização das bebidas de *C. canephora* das cultivares estudadas. A acidez foi o atributo que mais impactou na avaliação da qualidade global da bebida de *C. canephora*. As bebidas dos genótipos das cultivares Diamante, Jequitibá e Centenária apresentam bom potencial com classificação de qualidade de bebida na faixa de tradicional, mas próxima a superior.

Palavras-chave: Qualidade, Frequência de atributos, Conilon, Diamante ES8112; ES8122 'Jequitibá'; Centenária ES8132.

4.1 Introdução

O Brasil é o maior produtor de café do mundo com uma estimativa de 48,59 milhões de sacas de 60 kg de café na safra de 2016 (CONAB, 2016; MAPA, 2016). Atualmente, o país é o segundo maior produtor de *C. canephora* com uma produção de 13,3 milhões de sacas de 60 kg de café em 2015/2016 (USDA, 2016) concentrada nos estados de Espírito Santo (70%) e Rondônia (15%) (CONAB, 2016; MAPA, 2016).

De forma global, nos últimos 55 anos, a produção de *Coffea canephora* cresceu mais de 400%, saltando de 12,6 milhões em 1960 para 65,3 milhões de

sacas na safra 2014/2015 (CNA, 2016). O *Coffea canephora* contribui significativamente para que o Brasil permaneça na liderança como produtor mundial de café; nas safras de 2014 e 2015, o *C. canephora* representou aproximadamente 29% e 26% do total da produção brasileira, respectivamente (CONAB, 2016). Outro aspecto relevante dessa espécie é a adaptação a regiões de baixa altitude e temperaturas elevadas e a resistência a deficiências hídricas prolongadas (CLARKE e MACRAE, 1985; FARAH e SANTOS, 2015), que permite a ampliação de área plantada pela menor restrição a locais de cultivo comparativamente ao *C. arabica*.

No programa de melhoramento genético do *C. canephora* do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper, Espírito Santo, Brasil) tem sido desenvolvido diferentes genótipos com elevada produtividade, adaptação e estabilidade de produção, aliada a outras características agrônômicas importantes, como qualidade de bebida e maturação dos frutos em épocas diferenciadas (FERRÃO et al., 2016). A recomendação de cultivares com épocas de maturação de frutos distintas (precoce, intermediária e tardia), permite colheita escalonada e por um maior período com vantagens para o produtor como a melhor gestão da mão de obra e da utilização de terreiros e secadores (EMBRAPA, 2013).

A Associação Brasileira da Indústria de Café preconiza a avaliação sensorial da qualidade global da bebida para monitorar a qualidade do café torrado comercializado no Brasil (ABIC, 2016a). Essa exigência já consta em legislações específicas de alguns estados brasileiros tradicionais produtores de *C. arabica*. Destaca-se o Estado de São Paulo com normas de padrões mínimos de qualidade para classificação (SAA 30, SAA 31, SAA 19) (SÃO PAULO, 2007a, 2007b, 2010). Outros estados utilizam critérios similares para a aquisição do produto café torrado para consumo no âmbito da administração pública, como os descritos no decreto 2916 (PARANÁ, 2008), decreto 44.661 (MINAS GERAIS, 2007) e decreto 1674-R (ESPÍRITO SANTO, 2006). A avaliação da qualidade sensorial da bebida chegou a constar como obrigatória na legislação nacional pela Instrução Normativa 16/2010, que foi revogada posteriormente (Instrução Normativa 7/2013) (BRASIL, 2013), sendo a revogação justificada pela dificuldade em manter equipes sensoriais treinadas e laboratórios credenciados certificados para fazer a avaliação.

É importante ressaltar que qualquer café torrado comercializado no Brasil, independente da espécie de café, certificado pelo Programa de Qualidade do Café

(PQC) ou submetido à inspeção dos órgãos estaduais e federais, é submetido à avaliação da qualidade sensorial da bebida com base na norma de qualidade da ABIC (ABIC, 2016a) ou específica de cada estado quando aplicável. Com base no PQC, os cafés com Qualidade Recomendável Geral, torrados em grão ou torrados e moídos, são aqueles constituídos de *C. arabica* ou blendados com *C. canephora*, que atendam aos requisitos de qualidade global (ABIC, 2016a). Entretanto, os atributos sensoriais avaliados nas normas e recomendações hoje vigentes se aplicam às características de bebidas da espécie *C. arabica*, podendo penalizar a avaliação da qualidade quando da inclusão de *C. canephora* nos *blends*.

Considerando a importância do Brasil como produtor de *C. canephora* e o potencial de expansão na produção, e a restrita disponibilidade de dados sensoriais da bebida dessa espécie de café, o objetivo do trabalho foi apresentar um perfil descritivo de bebidas de genótipos de três cultivares clonais de *C. canephora* do Estado do Espírito Santo.

4.2 Materiais e métodos

4.2.1 Material

Foram estudados genótipos de três cultivares clonais de *C. canephora* desenvolvidos pelo programa de melhoramento genético do INCAPER (Espírito Santo, Brasil). As cultivares clonais são formadas pelo agrupamento de nove clones compatíveis (genótipos) que são usados na obtenção das lavouras. Nesse estudo foram avaliados três genótipos de cada cultivar estudada. As cultivares escolhidas apresentavam épocas de maturação dos frutos distintas: cultivar Diamante ES8112 (genótipos 103P, 105P e 106P) de maturação precoce, cultivar ES8122 'Jequitibá' (genótipos 201I, 203I, e 209I) de maturação intermediária, e cultivar Centenária ES8132 (genótipos 301T, 303T e 306T) de maturação tardia (INCAPER, 2016a; 2016b; 2016c).

Foram coletadas amostras (500g de cada genótipo) no ano de 2014 em lavouras demonstrativas com 36 meses de idade em diferentes regiões do estado: a) Fazenda Experimental de Marilândia (FEM) – localizada no município de Marilândia, ES, região Noroeste do Estado, em latitude 19°24', longitude 40°31', e, b) Fazenda Experimental de Bananal do Norte (FEBN), município de Cachoeiro do Itapemirim, ES, situada na região Sul, em latitude 20°75', longitude 41°29'. Iniciou-se a colheita

manual dos genótipos de maturação precoce (maio), seguida pelos de maturação intermediária (junho) e os de maturação tardia (julho). Foram colhidos somente frutos maduros no estágio cereja. Os cafés foram secos de forma natural em terreiros ao sol e beneficiados. Selecionaram-se os grãos sem defeitos e de tamanho de peneira 16 (6,5 mm) (Brasil, 2003). Os cafés verdes foram mantidos em sacos plásticos a temperatura ambiente até a torra em fevereiro de 2016.

Cada genótipo foi composto por um *blend* de café verde, representado por porções iguais procedentes de cada fazenda experimental. Os genótipos foram selecionados a partir de um estudo prévio que indicou o local de cultivo tendo menor diversidade em relação aos genótipos. As amostras foram torradas em torrador piloto a gás Rod Bel (Rod-Bel, São Paulo, Brasil) por tempos de 15 min a 17 min, e temperaturas entre 210 °C e 230 °C. A torra foi padronizada de maneira a obter perda de peso de $16,5 \pm 0,2 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$, descrito por Mendes et al. (2001) como o grau de torra ótimo para *C. canephora*.

As amostras foram moídas à uma granulometria fina, de acordo com o preconizado pela Associação Brasileira das Indústrias de Café (ABIC) (ABIC, 2016a), utilizando um moinho de bancada La Spaziale modelo Top (La Spaziale, São Paulo, Brasil).

Os cafés torrados e moídos apresentaram grau de torra de $65,8 \pm 6,7$ utilizando espectrofotômetro Agtron Coffee Roast modelo E10-CP (Agtron Inc., Reno, NV, EUA), correspondente a torra média a clara (Sistema Agtron / SCAA *Roast Classification Color Disk*, STAUB, 19--?). Esse grau de torra permite avaliação para café tradicional, superior ou Gourmet (SÃO PAULO, 2007c), uma vez que características intrínsecas do café são destacadas em grau de torra mais claro. Observou-se umidade de $0,9 \pm 0,1 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ utilizando analisador gravimétrico de umidade MB 45 (Ohaus, Barueri, Brasil) (105 °C até peso constante).

A bebida de café foi preparada de acordo com as recomendações da ABIC (ABIC, 2016a) por meio de percolação com uso de filtro de papel (Melitta, São Paulo, Brasil). Foram utilizadas 50 g de café torrado e moído para 500 mL de água mineral (Ouro Fino, Curitiba, Brasil), numa proporção de 1:10 café:água a 92 °C. A bebida foi mantida em garrafa térmica e analisada sensorialmente na sequência não ultrapassando o tempo de 30 minutos.

Algumas informações de composição química das bebidas, reportadas no capítulo 3 em um estudo paralelo, estão apresentadas na tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Teores* de cafeína, ácidos clorogênicos totais e acidez titulável das bebidas de *Coffea canephora* de três genótipos de cada cultivar.

Parâmetro	Cultivar		
	Diamante (maturação precoce)	Jequitibá (maturação intermediária)	Centenária (maturação tardia)
Cafeína ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$)	1300-1660	1268-1450	1176-1342
Ácidos clorogênicos totais ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$)	689 - 978	621-1042	493 -1130
Acidez Titulável**	1,05-1,45	1,25-1,50	1,15 – 1,75

*Faixas de valores observada para as bebidas dos três genótipos de cada cultivar.

** mL de NaOH 0,1 mol·L⁻¹ por 20 mL da bebida.

Fonte: Adaptado do Capítulo 3 – Caracterização da Bebida de *Coffea canephora*: composição e atividade antioxidante.

4.2.2 Análises Sensoriais

As análises sensoriais foram realizadas no Laboratório de Análises Físicas e Sensoriais (LAFISE) do Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL). O LAFISE é parte de uma rede de laboratórios habilitados para avaliação sensorial da qualidade da bebida de café (ABIC, 2016b). A equipe sensorial, previamente treinada para avaliação de café, foi composta de dez avaliadores, sendo 3 homens e 7 mulheres com idade entre 28 e 56 anos. A equipe é retreinada e validada anualmente, sendo que o tempo de experiência dos participantes em avaliação sensorial de café é de 5 a 10 anos.

As análises foram realizadas em cabines individuais, com iluminação vermelha, e equipadas com sistema computadorizado *Compusense Five* versão 5.6 (Compusense, Guelph, Canadá) para coleta de dados. A análise dos dados foi realizada com o software XLStat versão 2016.01.26779 (ADDINSOFT, 2016).

Foram servidos 50 mL de bebida a uma temperatura entre 66 °C e 69 °C em xícaras de porcelana, pretas na parte interna e brancas na parte externa, sendo identificadas com código de três dígitos aleatórios. As amostras foram apresentadas de forma monádica. Durante a sessão, os avaliadores avaliavam a amostra primeiramente quanto ao perfil descritivo e, em seguida, procediam a seleção de termos. A ordem de apresentação foi aleatorizada para cada avaliador. Foram realizadas seis sessões, sendo que em cada sessão foram avaliadas três amostras distintas, obtendo-se duplicata para cada bebida.

A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina (CAAE 21939713.3.0000.5231).

4.2.2.1 Perfil Descritivo

A análise foi realizada de acordo com a Resolução SAA-30 (SÃO PAULO, 2007a) e SAA-28 (SÃO PAULO, 2007c), em procedimento equivalente ao preconizado pela ABIC (2016a). Os avaliadores preencheram uma ficha individual para cada amostra a cada avaliação. Cada parâmetro (fragrância do pó, aroma característico da bebida, defeitos da bebida, acidez, amargor, sabor característico da bebida, sabor residual, corpo e adstringência) bem como a qualidade global das bebidas foram avaliados individualmente empregando escala não estruturada de 10 cm, tendo como referência uma amostra classificada como “Superior” (Figura 4.1). Os parâmetros, bem como os extremos para cada atributo foram baseados em Howell (1998) e a qualidade global baseada em Lingle (1986) (Figura 4.2).

Figura 4.1 – Ficha empregada para a avaliação do perfil descritivo.

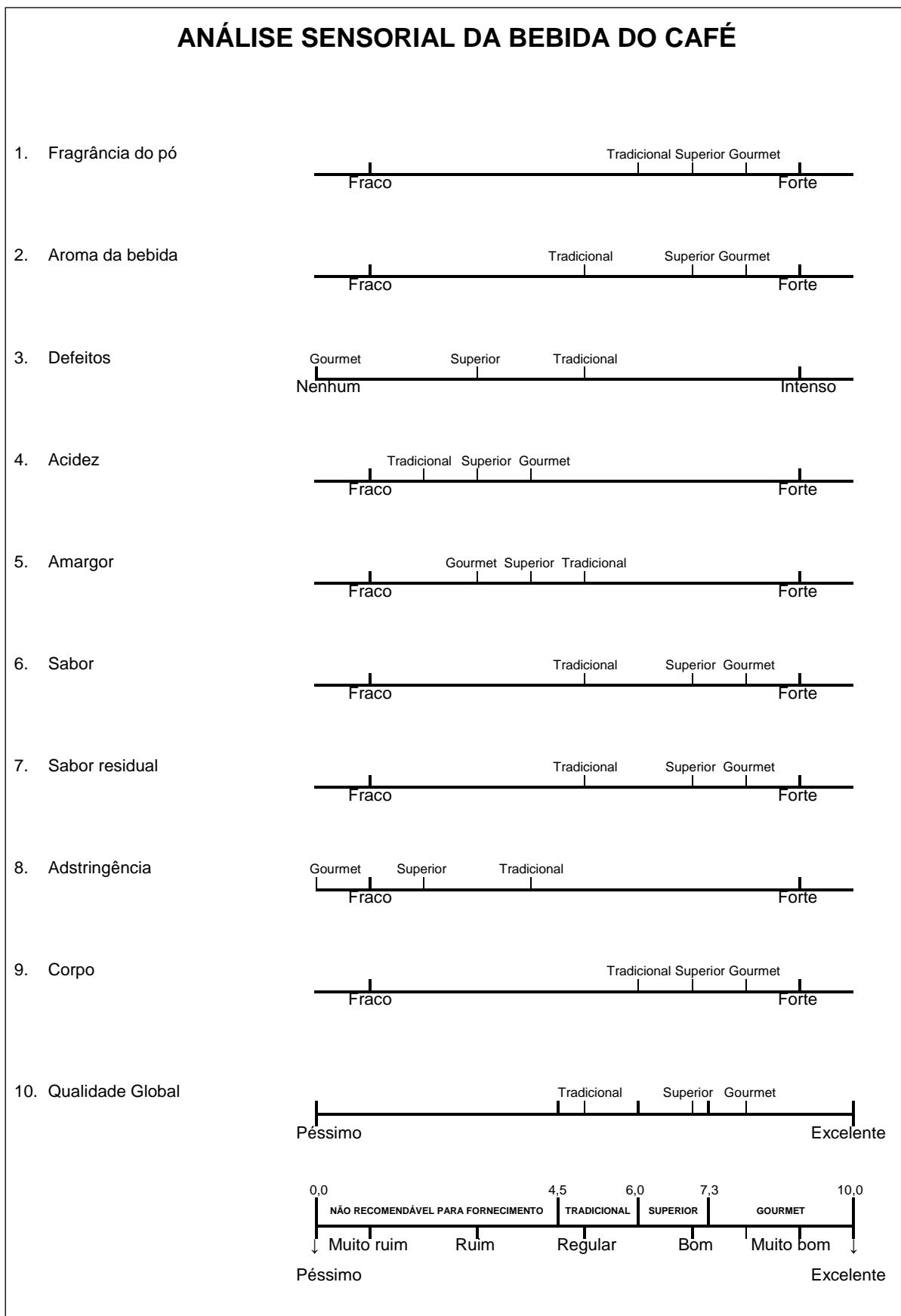


Figura 4.2 - Terminologia empregada na avaliação do perfil descritivo.

Fragrância: Percepção olfativa causada pelos gases liberados do café torrado e moído, conforme os compostos aromáticos são inalados pelo nariz.

Fraco: quando a percepção dos gases liberados lembra café velho, perda de frescor. Forte: quando a percepção dos gases liberados lembra café fresco altamente desejável, intenso.

Aroma característico da bebida: Percepção olfativa causada pelos voláteis liberados da bebida do café ainda quente, conforme são inalados pelo nariz e por via retronasal durante sua degustação.

Fraco: quando a percepção dos voláteis lembra pouco o odor característico de café e indesejável devido à presença de odores estranhos (remédio, queimado, cinzas, resina). Forte: quando a percepção dos voláteis lembra a odor característico de bebida de café (nozes, cereal, malte, pão torrado, caramelo, chocolate) recém preparado e desejável.

Defeitos da bebida: Defeitos percebidos na degustação da bebida do café produzida por impurezas e grãos defeituosos do café.

Nenhum: bebida suave, fina, delicada, característico de café, livre de defeitos e impurezas. Intenso: odor e sabor intenso de terra, mofo, rançoso, borracha, tabaco, queimado, madeira, azedo, fermentado, conferidos pelos grãos defeituosos como ardido, preto e verde e impurezas como terra, areia, paus e cascas.

Acidez: Percepção causada por substâncias como ácido clorogênico, cítrico, málico e tartárico que produzem gosto ácido. Percebido nos lados posteriores da língua.

Fraco: pouco ácido. Forte: muito ácido.

Amargor: Percepção de gosto causada por substâncias como cafeína, trigonelina, ácidos cafeico e quínico e outros compostos fenólicos que produzem o gosto amargo. É percebido no fundo da língua. Este gosto é considerado desejável até certo ponto. É afetado pelo grau de torração e pelo método de preparo da bebida. Quanto mais escuro o ponto de torra, mais amargo é o café.

Fraco: pouco amargo. Forte: muito amargo.

Sabor Característico da bebida: Sensação causada pelos compostos químicos da bebida do café quando introduzida na boca.

Fraco: quando a percepção é de bebida com perda de sabor de café, e com presença de sabor estranho do tipo, terra, fermentado, medicinal, oxidado, borracha queimada, herbáceo, etc. Forte: quando a percepção é de bebida com sabor característico de café e livre de sabores estranhos, lembrando a caramelo, chocolate, nozes, pão torrado.

Sabor Residual: Persistência da sensação de sabor após a ingestão da bebida de café.

Fraco: quando a sensação residual é de queimado, indesejável necessitando chupar uma bala para tirar o gosto residual. Forte: quando a sensação residual é agradável, doce e ácida, limpa.

Corpo: É a percepção tátil de oleosidade, viscosidade na boca.

Fraco: Significa que a bebida é rala, aguada, faltando consistência. Forte: Significa que a bebida é concentrada, viscosa.

Adstringência: é a sensação de secura na boca deixada após a sua ingestão.

Fraco: Bebida suave, desce redondo. Forte: Bebida muito áspera, adstringente, desce quadrado.

Qualidade Global: é a percepção conjunta dos aromas da bebida e de seu grau de intensidade, sendo que quanto mais aromático, melhor a qualidade do café; dos sabores característicos do café; de um amargor típico, mas não o resultante da excessiva torra do grão (ou carbonização); da presença não preponderante do gosto dos grãos defeituosos (verdes escuros, pretos, ardidos) ou de sua inexistência, para o caso dos cafés gourmet; da inexistência do gosto característico de grãos fermentados, podres ou preto-verdes; do equilíbrio e da harmonia da bebida, tudo se traduzindo numa sensação agradável durante e após a degustação.

Fonte: Adaptado de Howell (1998) e Lingle (1986).

Os dados foram avaliados por análise de variância, considerando as amostras como causa de variação e teste de Tukey ($p < 0,10$ e $p < 0,05$) para comparação de médias. Os resultados de cada parâmetro foram expressos como valores médios da equipe sensorial (duplicata de análise e 10 avaliadores) na escala de 0 a 10.

Para o parâmetro qualidade global, a análise dos dados baseou-se nas Resoluções SAA 19, SAA30 e SAA31, que definem padrões mínimos de qualidade para café em grão e café torrado e moído, classificando os cafés como Tradicional, Superior ou Gourmet. Café Tradicional é definido como aquele que apresente nota para qualidade global de 4,5 a 6,0, Superior, como aquele que apresente nota para qualidade global de 6,0 a 7,3, e Gourmet, como aquele que apresente nota para qualidade global de 7,3 a 10,0 (SÃO PAULO, 2007a, 2007b e 2010).

4.2.2.2 Análise Sensorial por Seleção de Termos

Previamente, para escolha de termos descritivos a ser empregados na análise, foi realizada uma sessão de Grupo de Foco com a equipe sensorial. Para discussão, foram apresentados os termos presentes na roda de sabores da Associação Americana de Cafés Especiais (SCAA), contendo ao todo 172 termos, sendo 94 termos associados às características do café e 78 associados aos defeitos do café (SCAA, 2015). Foi solicitado ao grupo que destacasse os termos pertinentes aos cafés torrados brasileiros que a equipe percebe durante as avaliações sensoriais de rotina. Foram assim escolhidos 22 termos (doce, ácido, amargo, pouco doce, pouco ácido, pouco amargo, adstringente, nozes/ avelã, chocolate, ralo, sabor residual característico de café, floral/ frutal, fumaça/ fumo, forte, fraco, queimado, caramelo, herbáceo/ chá, encorpado, sabor residual estranho, tempero/ pimenta do reino/ noz moscada e químico/ resinoso/ remédio) para a avaliação posterior das amostras.

A avaliação foi feita na sequência do perfil descritivo. Foi solicitado aos avaliadores que marcassem os termos, dentre os 22 apresentados, que se aplicavam à bebida de café avaliada. A ordem de apresentação dos termos foi aleatorizada para cada amostra e avaliador conforme recomendado por Ares et al. (2014).

Os resultados da seleção de termos foram reportados como frequência e submetidos ao teste Q de Cochran seguido do teste de comparação múltipla de Marascuilo ($p < 0,05$) para avaliar diferenças entre as amostras.

4.3 Resultados e discussão

4.3.1 Perfil Descritivo

De um modo geral as notas dos parâmetros obtidas para as bebidas dos genótipos das três cultivares de *C. canephora* estudadas estiveram entre as características de café tradicional e superior (Tabela 4.2, Figura 4.1). Não houve diferença significativa ao nível de 5% entre as notas médias dos atributos para as nove bebidas avaliadas (considerando os 3 genótipos de cada cultivar, e as 3 cultivares). Entretanto, foram observadas diferenças ao nível de 10% no atributo de acidez e na qualidade global (Tabela 4.2).

As bebidas foram descritas como apresentando uma maior intensidade (Figura 4.1) para os atributos fragrância do pó, aroma característico da bebida, corpo, sabor característico e sabor residual (notas médias de 5,8 a 6,1) (Tabela 4.2).

O corpo das bebidas das três cultivares avaliadas (nota média 6,0) foi superior ao reportado por Aguiar et al. (2001) que obtiveram valores entre 4,81 e 5,66 para três cultivares de *C. arabica* (Ouro Verde, Tupi e Obatã) desenvolvidas pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC).

A equipe sensorial apresentou bom consenso quanto a descrição desses atributos, mesmo avaliando bebidas de *C. canephora*, sendo observados coeficientes de variação (CV) entre 8% e 11% (Tabela 4.2).

As bebidas foram também descritas como apresentando menor intensidade para o amargor (nota média 4,6), para acidez (notas de 3,6 a 4,1) e adstringência (nota média 3,8) (Tabela 4.2, Figura 4.1).

Tabela 4.2 – Perfil descritivo das bebidas das três cultivares avaliado de acordo com as Resoluções SAA-30 e SAA-28 (SÃO PAULO, 2007a; SÃO PAULO, 2007c)

Parâmetros*	Cultivar**									D.M.S. 10%
	Diamante (maturação precoce)			Jequitibá (maturação intermediária)			Centenária (maturação tardia)			
	103P	105P	106P	202I	203I	209I	301T	303T	306T	
Fragrância	6,3 (0,7)	5,9 (0,8)	6,0 (0,7)	6,3 (0,4)	6,1 (0,7)	6,1 (0,6)	6,2 (0,8)	6,2 (0,6)	6,3 (0,6)	0,55
Aroma característico da bebida	6,2 (0,8)	5,8 (0,8)	6,0 (0,6)	6,2 (0,4)	6,0 (0,6)	5,9 (0,7)	6,1 (0,8)	6,0 (0,6)	6,1 (0,6)	0,57
Defeitos	3,6 (0,7)	3,8 (1,0)	3,6 (0,8)	3,2 (0,4)	3,4 (0,6)	3,6 (0,7)	3,7 (0,9)	3,5 (0,9)	3,5 (0,7)	0,69
Acidez	3,8 ^{AB} (0,7)	3,6 ^B (0,7)	3,7 ^{AB} (0,5)	4,1 ^A (0,4)	3,9 ^{AB} (0,6)	3,7 ^{AB} (0,7)	3,8 ^{AB} (0,6)	3,8 ^{AB} (0,7)	3,9 ^{AB} (0,5)	0,44
Amargor	4,8 (0,5)	4,8 (0,7)	4,6 (0,5)	4,4 (0,4)	4,6 (0,6)	4,7 (0,6)	4,8 (0,8)	4,6 (0,5)	4,6 (0,5)	0,53
Sabor característico	5,8 (0,6)	5,6 (0,8)	5,8 (0,7)	6,1 (0,5)	5,9 (0,6)	5,8 (0,7)	5,8 (0,6)	5,9 (0,5)	6,0 (0,6)	0,57
Sabor Residual	5,8 (0,6)	5,6 (0,7)	5,8 (0,7)	6,1 (0,4)	5,8 (0,6)	5,7 (0,6)	5,8 (0,7)	5,9 (0,5)	5,9 (0,6)	0,55
Adstringência	3,7 (0,4)	3,9 (0,6)	3,8 (0,6)	3,5 (0,6)	3,7 (0,6)	3,9 (0,8)	3,8 (0,6)	3,8 (0,4)	3,7 (0,5)	0,46
Corpo	6,0 (0,5)	6,1 (0,6)	6,0 (0,7)	6,1 (0,4)	6,0 (0,6)	6,1 (0,5)	6,1 (0,4)	6,2 (0,3)	6,1 (0,5)	0,38
Qualidade Global	5,7 ^{AB} (0,6)	5,5 ^B (0,8)	5,7 ^{AB} (0,6)	6,0 ^A (0,4)	5,8 ^{AB} (0,6)	5,7 ^{AB} (0,5)	5,8 ^{AB} (0,7)	5,9 ^{AB} (0,5)	5,9 ^{AB} (0,5)	0,54

*Valor médio ± (desvio padrão) da equipe sensorial (10 avaliadores). Duas avaliações por amostra.

** Números são referentes aos genótipos das cultivares.

Médias não identificadas com letras não diferem significativamente (Tukey, $p < 0,05$) de outras na mesma linha. Médias seguidas de letra maiúscula diferente na mesma linha diferem significativamente (Tukey, $p < 0,10$).

D.M.S.: Diferença mínima significativa.

Moura et al. (2007) reportaram nota 3,4 para adstringência de bebida de 100% *C. canephora*, similar a observada nesse estudo (Tabela 4.2). Os autores relataram que a bebida de *C. canephora* apresentou nota de acidez de 1,9, inferior a nota 3,6 obtida por uma bebida de 100% *C. arabica*. Ressalta-se que as bebidas das cultivares em estudo obtiveram notas de acidez (Tabela 4.2) próximas às relatadas por Moura et al. (2007) para a bebida de *C. arabica*.

A acidez foi o único atributo específico para o qual foi observada diferença ($p < 0,10$): uma bebida da cultivar Diamante (genótipo 105P) foi descrita como menos ácida que uma bebida da cultivar Jequitibá (genótipo 202I) (Tabela 4.2). Para os atributos acidez e adstringência observou-se ainda uma maior variabilidade nas notas atribuídas pela equipe (CV em torno de 16%) (Tabela 4.2).

Como os parâmetros e faixas sensoriais requeridos pelas normas e recomendações são característicos de bebidas predominantemente da espécie *C. arabica*, havia uma expectativa que alguns atributos sensoriais característicos da bebida de *C. canephora* como, por exemplo, baixa acidez e amargor e adstringência acentuada (WILLIAMS; FERIA-MORALES; KARI, 1989) poderiam penalizar as bebidas de *C. canephora* na classificação. Todavia, estes parâmetros das bebidas (Tabela 4.2) estiveram na faixa da escala muito próxima a classificação superior (SÃO PAULO, 2007c).

Apesar das matérias primas empregadas no estudo não possuírem nenhum defeito e serem colhidas e processadas em condições adequadas, as bebidas dos genótipos das três cultivares foram descritas apresentando defeitos (nota 3,6) (Tabela 4.2, Figura 4.1). Destaca-se que esse parâmetro foi o que apresentou maior variabilidade na resposta da equipe sensorial (CV de 21%), indicando maior dificuldade e menos consenso na avaliação e que, provavelmente, características específicas de bebidas de *C. canephora* podem ter sido consideradas como “defeitos”, considerando o protocolo sensorial de avaliação empregado.

No entanto, essas notas de defeito foram inferiores às reportadas por Schmidt et al. (2012) para bebidas de *C. arabica* cultivar IAPAR 59 cultivado no estado do Paraná em diferentes tipos de solo e submetidos a torra média e escura (notas de 5,01 a 5,54).

As bebidas dos genótipos das três cultivares receberam notas referentes a qualidade global variando de 5,5 a 6,0 (Tabela 4.2), na faixa superior da classificação como Tradicional (Figura 4.1).

As bebidas estudadas apresentaram nota de qualidade maior que a reportada por Moura et al. (2007) para bebida de “blend” contendo 70% de *C. arabica* (nota 5,4) e as obtidas para bebida de *C. arabica* cultivar IAPAR 59, cultivado no estado do Paraná em diferentes tipos de solo e submetido a torra média e escura (notas de 4,32 a 4,88) (SCHMIDT et al., 2012).

Uma bebida da cultivar Jequitibá (genótipo 2021), se diferenciou por obter média de qualidade global 6,0 (café de qualidade “Superior”), mais alta que a atribuída a uma das bebidas da cultivar Diamante (genótipo 105P) (Tabela 4.2). Esse comportamento foi similar ao observado para o atributo acidez, ressaltando assim a importância da acidez na avaliação da qualidade global da bebida.

Quando avaliadas em protocolo específico para *C. canephora* do Coffee Quality Institute (CQI), as cultivares Diamante, Jequitibá e Centenária destacaram-se por apresentar superior qualidade de bebida (na faixa de 77,50 a 79,01), sendo classificadas como “Prêmio” (70 a 80 pontos) (INCAPER 2016a, 2016b, 2016c). Nosso estudo confirma essa informação, mostrando que mesmo quando avaliadas em protocolo geral, os genótipos das cultivares apresentam bom potencial com classificação de bebida próxima a superior. Ressalta-se ainda o interesse de cultivares que apresentem diferentes épocas de maturação, com maior viabilidade de produção (colheita escalonada auxiliando a gestão da mão de obra e utilização de terreiros e secadores), e tenham caracterização sensorial de bebida similar, permitindo a produção de *C. canephora* com boa qualidade de bebida em um período maior do ano. Estas características permitem que estes genótipos estudados possam ser utilizados em maiores quantidade e proporções na indústria tanto para produção do café solúvel quanto para a produção de café torrado e moído.

4.3.2 Análise Sensorial por Seleção de Termos

Na técnica descritiva por seleção de termos observou-se que 13 dos 22 termos foram citados por mais de 20% dos avaliadores. Sete dos 22 termos (pouco doce, pouco ácido, forte, queimado, sabor residual estranho, tempero/ pimenta do reino/ noz moscada e químico/ resinoso/ remédio) apresentaram diferença na frequência de citação entre as bebidas ($p < 0,2$). Selecionou-se dessa forma 15 termos (com alta citação e/ou diferença na frequência de citação) para a avaliação (Tabela 4.3).

De forma geral, os termos amargor, forte, encorpado, adstringência e sabor residual característico de café foram os mais relevantes e os que mais caracterizaram as bebidas dos genótipos de *C. canephora* das cultivares estudadas (Tabela 4.3).

A percepção do amargor foi destacada, sendo mencionada pelos avaliadores para todas as bebidas, a frequência de citação variou de 50% a 77%, considerando as diferentes amostras (Tabela 4.3). Em proporção bem menor, o termo pouco amargo foi citado (0 a 22%).

Foram também citados de forma expressiva e para todas as bebidas, a adstringência, mencionada por 22% a 44% dos avaliadores, o sabor característico de café (16% a 44%), e os termos forte (11 a 44%) e encorpado (16% e 38%) (Tabela 4.3).

Gloess et al. (2008), comparando características de composição e sensoriais de bebidas de café preparadas por diferentes métodos, concluíram que o teor de cafeína estava positivamente associado ao amargor e, o de ácidos clorogênicos, à adstringência.

As bebidas dos genótipos das cultivares Diamante, Jequitibá e Centenária apresentaram teor de cafeína de 1176 a 1660 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ (Tabela 4.1). Para bebidas de *C. canephora* foi reportada faixa de cafeína de 314 a 1153 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ (RODRIGUES et al., 2007; PERRONE et al., 2012), mas as bebidas foram preparadas com menor proporção café:água que a utilizada nesse estudo.

Perrone et al. (2012) relataram uma faixa de 633,8 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ a 1417,5 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ de ácidos clorogênicos totais para bebidas de *C. canephora* quando torrados numa faixa de perda de peso correspondente ao desse estudo, valores similares ao observados para as bebidas das três cultivares estudadas (493 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ a 1130 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$) (Tabela 4.1).

O termo ácido foi mencionado (5 a 22%), mas houve maior percepção que as bebidas estavam pouco ácidas (Tabela 4.3). O termo pouco ácido apresentou diferença significativa de citação ($p < 0,05$) entre as bebidas, variando da Centenária (genótipo 303T), menos ácida com 44% de citações, a Jequitibá (genótipo 203I) (5% de citações).

Tabela 4.3 - Frequência de citação* (%) dos atributos na metodologia de seleção de termos para as bebidas dos três genótipos estudados das três cultivares.

Parâmetros	Valores de p	Cultivar**								
		Diamante (maturação precoce)			Jequitibá (maturação intermediária)			Centenária (maturação tardia)		
		103P	105P	106P	202I	203I	209I	301T	303T	306T
Ácido	0,85	16%	16%	5%	22%	22%	16%	11%	11%	22%
Amargo	0,66	66%	77%	66%	50%	61%	77%	61%	72%	61%
Adstringente	0,69	44%	38%	38%	33%	33%	22%	44%	44%	38%
Sabor residual característico de café	0,26	22%	16%	33%	27%	27%	44%	27%	22%	44%
Fumaça/ Fumo	0,86	16%	22%	16%	16%	11%	5%	16%	11%	16%
Forte	0,09	38%	33%	38%	27%	22%	11%	44%	22%	22%
Pouco doce	0,14	16%	16%	16%	0%	0%	22%	16%	22%	16%
Pouco ácido	0,01	27% ^{AB}	16% ^{AB}	38% ^{AB}	11% ^{AB}	5% ^B	27% ^{AB}	22% ^{AB}	44% ^A	33% ^{AB}
Pouco amargo	0,67	16%	16%	22%	16%	22%	0%	11%	16%	16%
Queimado	0,13	33%	38%	33%	27%	33%	5%	50%	27%	16%
Herbáceo/ chá	0,21	33%	16%	27%	11%	5%	16%	16%	5%	16%
Encorpado	0,63	22%	33%	33%	33%	16%	38%	27%	27%	38%
Sabor residual estranho	0,16	11%	11%	0%	5%	11%	0%	27%	16%	16%
Químico/ Resinoso/ Remédio	0,10	5%	16%	5%	0%	0%	5%	22%	16%	0%
Tempero/ Pimenta do reino/ Noz moscada	0,08	0%	0%	0%	0%	0%	11%	11%	5%	0%

* Frequência de citação da equipe sensorial (10 avaliadores). Duas avaliações por amostra.

** Números são referentes aos genótipos da cultivares.

Médias não identificadas com letras não diferem significativamente (Marascuilo $p < 0,05$) de outras na mesma linha. Médias seguidas de letra maiúscula diferente na mesma linha diferem significativamente (Marascuilo $p < 0,05$).

A menor acidez de bebidas de *C. canephora*, comparativamente as de *C. arabica*, tem sido destacada na literatura (BELITZ et al., 2009). As bebidas dos genótipo das cultivares Diamante, Jequitibá e Centenária apresentaram acidez total titulável de 1,05 a 1,75 mL de NaOH 0,1 mol·L⁻¹ por 20 mL da bebida (Tabela 4.1) valores menores que os reportados por Scholz et al. (2013) para bebidas de *C. arabica* de cafés brasileiros (2,73 a 3,21 mL de NaOH 0,1 mol·L⁻¹ por 20 mL).

De forma equivalente ao observado no perfil descritivo, onde somente foi observada diferença para o atributo específico de acidez ($p < 0,10$) (Tabela 4.2), o termo pouco ácido foi o único a apresentar diferença significativa de citação entre as bebidas ao nível de 5%.

Outros termos como queimado, fumaça/fumo e herbáceo/chá foram também mencionados pelos avaliadores para todas as bebidas, mas com ampla frequência de citação (de 5% a 50%) (Tabela 4.3). Os termos pouco doce, químico/resinoso/remédio, sabor residual estranho, tempero/ pimenta do reino/ noz moscada tiveram citação entre 0 e 27% dos avaliadores, mas não foram citados para todas as amostras.

Métodos sensoriais baseados em frequência tem sido descritos como de condução simples e rápida (MINIM; SILVA, 2016), mas não há na literatura uso para descrição de bebida de *C. canephora*. No entanto, esses testes tem sido sugeridos para a avaliação de produtos com aroma complexo (CAMPO et al., 2010), e já foram empregados para vinho (CAMPO et al., 2008). Desta forma, sugere-se que os termos levantados (Tabela 4.3) poderiam ser utilizados na caracterização de bebidas de *C. canephora*.

4.4 Conclusões

1) O perfil descritivo ressalta uma maior intensidade dos atributos fragrância do pó, aroma característico da bebida, corpo, sabor característico e sabor residual, e uma menor intensidade de amargor, acidez, adstringência e defeitos das bebidas.

2) Os termos amargor, forte, encorpado, adstringência e sabor residual característico de café são os mais relevantes na caracterização das bebidas dos genótipos das cultivares de *C. canephora* estudadas.

3) A acidez foi o atributo que mais impactou na avaliação da qualidade global da bebida de *C. canephora*.

4) As bebidas dos genótipos das cultivares Diamante ES8112, ES8122 'Jequitibá' e Centenária ES8132 apresentam bom potencial com classificação de qualidade de bebida na faixa de tradicional, mas próxima a superior.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pela concessão de bolsas e apoio financeiro (Edital Universal CNPq 14/2014 - Processo: 445757/2014-0) e ao Instituto Agrônomo do Paraná por ter cedido os torradores para a realização da torra dos cafés.

Referências

- ABIC - Associação Brasileira da Indústria de Café. **Norma de Qualidade Recomendável e Boas Práticas de Fabricação de Cafés Torrados em Grão e Cafés Torrados e Moídos**. (2016a). Revisão 27. Disponível em: <<http://www.abic.com.br/publique/media/Norma%20de%20qualidade.pdf>>. Acesso em: 27 set. 2016.
- ABIC. Associação Brasileira da Indústria de Café. (2016b). **Nível Mínimo de Qualidade**. Disponível em: <<http://www.abic.com.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=17>>. Acesso em: 27 set. 2016.
- ADDINSOFT. XLStat: Software for statistical analysis. Version 2016.01.26779. Paris. 1 CD-ROM, 2016.
- AGTRON INC. Agtron coffee roast E-10-CP owner's manual. Special Applications Abridged Spectrophotometer. USA. Copyright by Agtron Inc. sd., 15p.
- AGUIAR, A. T. E.; MALUF, M. P.; GALLO, P. B.; MORI, E. E. M.; FAZUOLI, L. C.; GUERREIRO-FILHO, O. Análise sensorial da bebida das cultivares Ouro Verde, Tupi e Obatã. In: II Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. 2001, Vitória-ES. **Consórcio Brasileiro de Pesquisas e Desenvolvimento do Café**, 2001. p. 1242-1247.
- ARES, G.; ETCHEMENDY, E.; ANTÚNEZ, L.; VIDAL, L.; GIMÉNEZ, A.; JAEGER, S. R. Visual attention by consumers to check-all-that-apply questions: Insights to support methodological development. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 32, Part C, p. 210–220, 2014.
- BELITZ, H. D.; GROSCH, W.; SCHIEBERLE, P. Coffee, Tea, Cocoa. In:_____. **Food Chemistry**. 4ed. Berlin: Springer, 2009. p. 938-969.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regulamento técnico de identidade e de qualidade para a classificação do café beneficiado e do grão verde**. Instrução Normativa nº8 de 11 de jun. 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Revogar a Instrução Normativa no 16 de 24 de maio de 2010**. Instrução Normativa nº 7 de 22 de fev. 2013.

CAMPO, E.; DO, B. V.; FERREIRA, V.; VALENTIN, D. Aroma properties of young Spanish monovarietal white wines: a study using sorting task, list of terms and frequency of citation. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, Adelaide, v. 14, n. 2, p. 104–115, 2008

CAMPO, E.; BALLESTER, J.; LANGLOIS, J.; DACREMONT, C.; VALENTIN, D. Comparison of conventional descriptive analysis and a citation frequency-based descriptive method for odor profiling: An application to Burgundy Pinot noir wines. **Food Quality and Preference**, Barking v. 21, n. 1, p. 44-44, 2010.

CLARKE, R.; MACRAE. **Coffee**. v. 1. Londres: Elsevier Applied Science Publishers, 1985. Capítulo 3, p. 83-113

CNA. (2016). Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. **Ativos-Café**. Produção mundial de *Coffea canephora* aumentou 418% em 55 anos. Ano 10. Edição 23, janeiro de 2016. Disponível em: <<http://www.canaldoprodutor.com.br/sites/default/files/Ativos-Cafe-23.pdf>>. Acesso em: 24 ago. 2016.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. (2016). Acompanhamento da safra brasileira: Café – v.3. Safra 2016. n. 3. Terceiro Levantamento. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_09_22_09_06_12_boletim_cafe_-_setembro_2016.pdf>. Acesso em: 08 out. 2016.

EMBRAPA. (2013). **Notícias: Espírito Santo lança três novas variedades de café conilon de alta produtividade e bebida superior**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1494648/espírito-santo-lanca-tres-novas-variedades-de-cafe-conilon-de-alta-produtividade-e-bebida-superior>>. Acesso em 25 Abr. 2016.

ESPÍRITO SANTO (2006) DECRETO Nº 1674-R, DE 24 DE MAIO DE 2006 Define Normas Técnicas para fixação da qualidade de café torrado e moído, para fins de procedimento licitatório, no âmbito do Poder Executivo do Estado do Espírito Santo.

FARAH, A.; SANTOS, T. F. The Coffee Plant and Beans: An Introduction. In: Preedy, V.R. (Ed.). **Coffee in Health and Disease Prevention**, 1 Ed. Londres, Inglaterra: Elsevier. 2015. p. 5-10.

FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; DE MUNER, L. H. (Org.). **Café Conilon**. 2. ed. (ampliada e revisada), Vitória, ES: DCM/Incaper, 2016. v.1. 776p.

GLOESS, A. N.; SCHÖNBÄCHLER, B.; KLOPPROGGE, B.; D'AMBROSIO, L. CHATELAIN, K.; BONGARTZ, A.; STRITTMATTER, A.; RAST, M.; YERETZIAN, C. Comparison of nine common coffee extraction methods: instrumental and sensory analysis. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 236, n. 4, p. 606–627, 2013.

HOWELL, G. SCAA Universal Cupping Form & How to use it. 10th Annual Conference & Exhibition “Peak of Perfection”- Presentation Handouts. Denver-Colorado, April 17-21, 1998.

INCAPER. (2016a). Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. **Diamante ES8112**. Documento 219. Nova variedade clonal de café conilon de maturação precoce para o Espírito Santo. Disponível em: <<http://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/786/1/01-FOLDER-VARIEDADE-CAFE-DIAMANTE.pdf>>. Acesso em: 24 ago. 2016.

INCAPER. (2016b). Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. **ES8122 Jequitibá**. Documento 220. Nova variedade clonal de café conilon de maturação intermediária para o Espírito Santo. Disponível em: <<http://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/787/1/02-FOLDER-VARIEDADE-CAFE-JEQUITIBA.pdf>>. Acesso em: 24 ago. 2016.

INCAPER. (2016c). Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. **Centenária ES8132**. Documento 221. Nova variedade clonal de café conilon de maturação tardia para o Espírito Santo. Disponível em: <<http://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/785/1/03-FOLDER-VARIEDADE-CAFE-CENTENARIA.pdf>>. Acesso em: 24 ago. 2016.

LINGLE, T. R. **The coffee cupper's handbook**. Systematic Guide to the Sensory Evaluation of Coffee's Flavor, Second Edition, Coffee Development Group, Washington, D.C. 1986, 57p. Copyright 1992 by Specialty Association of America. ISBN 1-882552-00-8.

LUDWIG, I. A.; SANCHEZ, L.; CAEMMERER, B.; KROH, L. W.; PEÑA, M. P.; CID, C. Extraction of coffee antioxidants: Impact of brewing time and method. **Food Research International**, Essex, v. 48, n. 1, p. 57-64, 2012.

MAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Culturas: Café**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/cafe/saiba-mais>>. Acesso em: 24 ago. 2016.

MENDES, L. C.; MENEZES, H. C.; SILVA, M. A. A. P. Optimization of the roasting of robusta coffee (*C. canephora* conillon) using acceptability tests and RSM. **Food Quality and Preference**, Barking, v.12, n. 2, p. 153-162, 2001.

MINAS GERAIS. (2007). Decreto nº 44.661, de 16 de novembro de 2007. Estabelece normas relativas à aquisição de café torrado em grão e torrado e moídos pelos órgãos do poder executivo. Disponível em: <<http://www.abic.com.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=58#leisr>>. Acesso em: 11 jul. 2016.

MININ, V. P. R.; SILVA, R. C. S. N. Métodos Descritivos com Consumidores. In:_____. **Análise Sensorial Descritiva**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2016. p. 223-260.

MOURA, S. C. S. R; GERMER, S. P. M.; ANJOS, V. D.A.; MORI, E. E. M.; MATTOSO, L. H. C.; FIRMINO, A.; NASCIMENTO, C. J F. Avaliações físicas, químicas e sensoriais de blends de café arábica com canephora (robusta). **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 10, n. 4, p. 271-277, 2007.

PARANÁ. (2008). Decreto nº 2916, de 25 de junho de 2008. Dispõe sobre as características para a aquisição de café torrado em grão ou café torrado e moído para consumo no âmbito da Administração Pública Estadual Direta e Indireta.

Disponível em:

<<http://www.legislacao.pr.gov.br/legislacao/listarAtosAno.do?action=exibirImpressao&codAto=45117>>. Acesso em: 11 set. 2016.

PERRONE, D.; FARAH, A; DONANGELO, C. M. Influence of coffee roasting on the incorporation of phenolic compounds into melanoidins and their relationship with antioxidant activity of the brew. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.60, n. 17, p. 4265-4275, 2012.

RODRIGUES, C. I.; MARTA, L.; MAIA, R.; MIRANDA, M.; RIBEIRINHO, M.; MÁGUAS, C. Application of solid-phase extraction to brewed coffee caffeine and organic acid determination by UV/HPLC. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 20, n.5 , p. 440-448, 2007.

SÃO PAULO. (2010). Resolução SAA (Secretaria de Agricultura e Abastecimento) nº 19, de 5 de abril de 2010. Define Norma de Padrões Mínimos de Qualidade para Café Torrado em Grão e Torrado e Moído – Característica: Café tradicional.

Disponível em:

<<http://www.abic.com.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=58#leisr>>. Acesso em: 11 set. 2016.

SÃO PAULO. (2007a). Resolução SAA (Secretaria de Agricultura e Abastecimento) nº 30, de 22 de junho de 2007. Define Norma de Padrões Mínimos de Qualidade para Café Torrado em Grão e Torrado e Moído - Característica Especial: Café Superior. Disponível em:

<<http://www.abic.com.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=58#leisr>>. Acesso em: 11 set. 2016.

SÃO PAULO. (2007b). Resolução SAA (Secretaria de Agricultura e Abastecimento) nº 31, de 22 de junho de 2007. Define Norma de Padrões Mínimos de Qualidade para Café Torrado em Grão e Torrado e Moído. Disponível em:

<<http://www.abic.com.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=58#leisr>>. Acesso em: 11 set. 2016.

SÃO PAULO. (2007c). Resolução SAA (Secretaria de Agricultura e Abastecimento) nº 28, de 01 de junho de 2007. Define Norma Técnica para fixação de identidade e qualidade de café torrado em grão e café torrado moído. Disponível em:

<http://www.codeagro.agricultura.sp.gov.br/arquivos/selo/saa_28a191a62ed1008f350553a619ba36f7e7.pdf>. Acesso em: 11 set. 2016.

SCAA. (2015). **Flavor Wheel**. Disponível em:

<<http://scaa.org/index.php?page=resources&d=scaa-flavor-wheel>>. Acesso em 12 dez. 2015.

SCHMIDT, C. A. P.; MIGLIORANZA, E.; GARCIA, A. O. Caracterização dos cafés produzidos em solos basálticos e arenosos do Paraná. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Ponta Grossa, v. 6, n. 1, p. 688 – 701, 2012.

SCHOLZ, M. B. S.; SILVA, J. V. N.; FIGUEIREDO, V. R.G.; KITZBERGER, C. S. G. Atributos sensoriais e características físico-químicas de bebida de cultivares de café do IAPAR. **Coffee Science**, Lavras, v.8, n.1, p. 6-16, 2013.

STAUB, C. Agrtron / SCAA Roast Classification – Color Disk System. **Nota científica**. [19--?]

USDA. U.S. Department of Agriculture. **Robusta Coffee Production**. Disponível em: <<http://apps.fas.usda.gov/psdonline/psdReport.aspx?hidReportRetrievalName=Table+03C+Robusta+Coffee+Production&hidReportRetrievalID=1679&hidReportRetrievalTemplateID=8>>. Acesso em: 24 ago. 2016.

WILLIAMS, A. A.; FARIA-MORALES, A.; KARI, P. (1989). Sensory and analytical examination of ground and cup coffee with particular reference to bean maturity. In: **13th Colloque**, Paipa, (pp. 83-106). ASIC, Paipa.

CONCLUSÃO GERAL

CONCLUSÃO

Observou-se efeito significativo do genótipo e interação entre genótipo e local de cultivo para os diterpenos no café torrado e para todos os compostos estudados nas bebidas das cultivares Diamante, Jequitibá e Centenária.

Alguns compostos mostraram ainda influência significativa do local de cultivo: foram observados teores mais altos de 16-O-metilcafesol para os cafés cultivados em Bananal do Norte, enquanto que maiores teores de trigonelina e carboidratos livres totais e maiores valores de acidez total titulável foram encontrados nas bebidas dos genótipos cultivados em Marilândia.

A época de maturação dos frutos (cultivar precoce, intermediária ou tardia) não afetou o teor dos diterpenos e teve pouco impacto na composição química da bebida sendo a variação entre os genótipos de um mesmo cultivar mais relevante.

O perfil de diterpenos dos genótipos de *C. canephora* estudados reforçou a ampla variação nos teores de cafeol e cafestol descrita na literatura, e mostrou uma variabilidade muito expressiva para 16-O-metilcafesol. O cafestol representou a maior fração dos diterpenos no *C. canephora*, sendo o diterpeno que apresentou menor variabilidade entre os genótipos de uma mesma cultivar. Cafeol esteve ausente na maioria dos genótipos estudados.

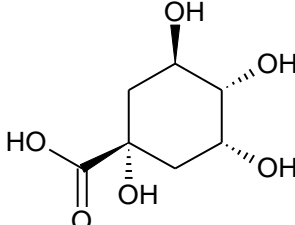
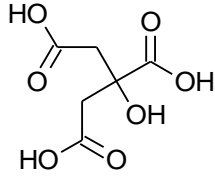
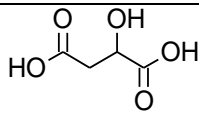
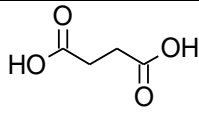
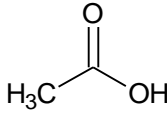
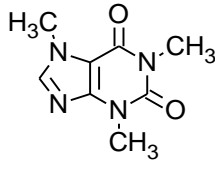
As bebidas das três cultivares apresentam expressiva AA, associada aos teores de cafeína, trigonelina, ácidos clorogênicos totais e melanoidinas. Destaca-se a uniformidade nos teores de frutose e a grande variabilidade observada para sacarose, bem como ausência deste carboidrato em 60% das bebidas.

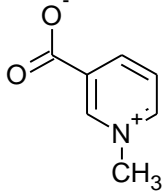
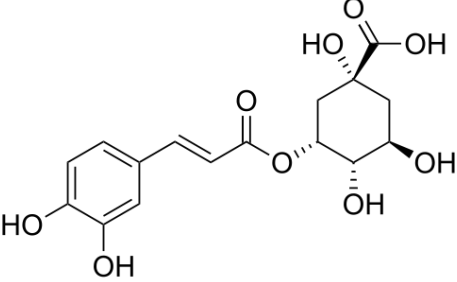
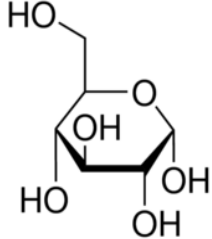
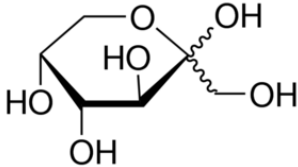
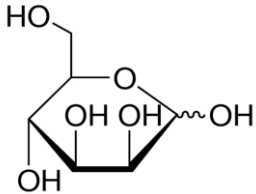
Os parâmetros amargor, forte, encorpado, adstringência e sabor residual característico de café foram os atributos mais relevantes e os que mais caracterizaram as bebidas de *C. canephora* das cultivares estudadas. A acidez da bebida foi o parâmetro sensorial que se destacou e que impactou na avaliação da qualidade global da bebida. As bebidas das cultivares apresentam bom potencial com classificação de bebida na faixa de tradicional, mas próxima a superior.

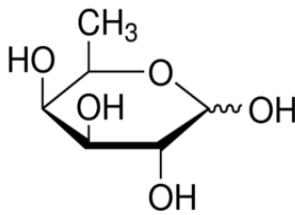
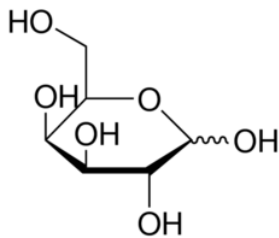
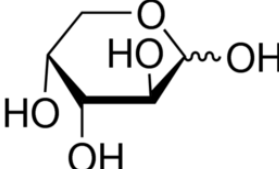
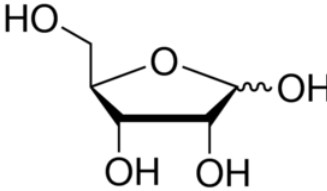
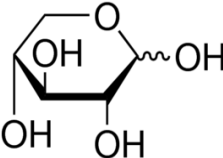
A utilização das cultivares Diamante, Jequitibá e Centenária com diferentes épocas de maturação, que possuem características de composição e perfil sensorial de bebida similar, permite a produção de *C. canephora* com boa qualidade de bebida e expressiva AA em um período maior do ano.

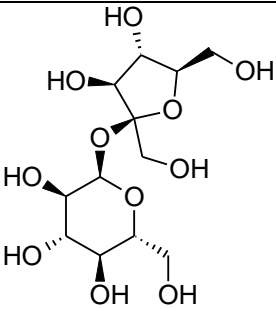
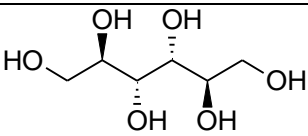
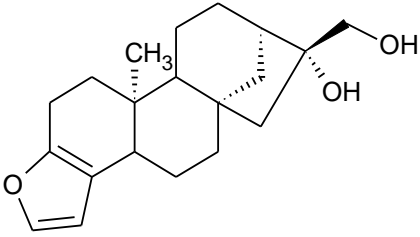
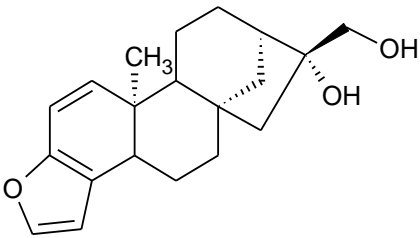
ANEXO 1

Estrutura química dos principais compostos do café

Composto	Fórmula Molecular	Estrutura
<p>Ácido quínico ((1S, 3R, 4S, 5R) – ácido 1, 3, 4, 5-tetrahidroxíciclohexanocarboxílico)</p>	$C_7H_{12}O_6$	
<p>Ácido cítrico (Ácido 2-hidroxi-1,2,3-propanotricarboxílico)</p>	$C_6H_8O_7$	
<p>Ácido málico (Ácido hidroxibutanodioico)</p>	$C_4H_6O_5$	
<p>Ácido succínico (Ácido 1,4-butanodioico)</p>	$C_4H_6O_4$	
<p>Ácido acético (Ácido etanóico)</p>	$C_2H_4O_2$	
<p>Cafeína (1,3,7-trimetilxantina)</p>	$C_8H_{10}N_4O_2$	

<p>Trigonelina (1-metilpiridinium-3-carboxilato)</p>	$C_7H_9NO_2$	
<p>Ácido clorogênico 5-ACQ Ácido 5-cafeoil quínico Ácido (1R, 3S, 4S, 5S)-3-[(E)-3-(3,4-dihidroxifenil) 2-propenoil] oxi-1,4,5-trihidroxiciclohexano-1-carboxílico</p>	$C_{16}H_{18}O_9$	
<p>Glicose (α-D-glicopirranose)</p>	$C_6H_{12}O_6$	
<p>Frutose (D-frutofuranose)</p>	$C_6H_{12}O_6$	
<p>Manose (D-manopirranose)</p>	$C_6H_{12}O_6$	

Fucose (6-Desoxi-D-Galactose)	$C_6H_{12}O_5$	
Galactose (D-galactopirranose)	$C_6H_{12}O_6$	
Arabinose (D-arabinopirranose)	$C_5H_{10}O_5$	
Ribose (D-ribofuranose)	$C_5H_{10}O_5$	
Xilose (-D-xilofuranose)	$C_5H_{10}O_5$	

<p>Sacarose (β-D-Frutofuranosil α-D-glicopiranosideo)</p>	<p>$C_{12}H_{22}O_{11}$</p>	
<p>Manitol (1, 2, 3, 4, 5, 6 hexanohecol)</p>	<p>$C_6H_{14}O_6$</p>	
<p>Cafestol (3bS,5aS,7R,8R,10aR,10bS)- 3b,4,5,6,7,8,9,10,10a,10b,11,12-Dodecahidro-7-hidroxi-10b-metil-5a,8-metano-5aH-ciclohepta[5,6]nafto[2,1-b]furan-7-metanol</p>	<p>$C_{20}H_{28}O_3$</p>	
<p>Caveol (3bS,5aS,7R,8R,10aR,10bS)- 3b,4,5,6,7,8,9,10,10a,10b-Decahidro-7-hidroxi-10b-metil-5a,8-Metano-5aH-ciclohepta(5,6)naphtho(2,1-b)furan-7-metanol)</p>	<p>$C_{20}H_{26}O_3$</p>	
<p>16-O-metilcafestol</p>	<p>$C_{21}H_{30}O_3$</p>	