UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO
INSTITUTO DE NUTRIÇÃO JOSUÉ DE CASTRO

Determinação dos teores de cafeína e ácidos clorogênicos em sementes, cascas de frutos e folhas de novos genótipos de *Coffea canephora* para seleção de cultivares com foco em saúde.

Alessandro Maia Batista

Rio de Janeiro
2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO
INSTITUTO DE NUTRIÇÃO JOSUÉ DE CASTRO

Determinação dos teores de cafeína e ácidos clorogênicos em sementes, cascas de frutos e folhas de novos genótipos de *Coffea canephora* para seleção de cultivares com foco em saúde.

Alessandro Maia Batista

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Nutrição (PPGN), do Instituto de Nutrição Josué de Castro da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de mestre em Nutrição Humana.

Orientadora: Profa. Dra. Adriana Farah (INJC/UFRJ)

Rio de Janeiro
2021

FOLHA DE APROVAÇÃO

Determinação dos teores de cafeína e ácidos clorogênicos em sementes, cascas de frutos e folhas de novos genótipos de *Coffea canephora* para seleção de cultivares com foco em saúde.

Alessandro Maia Batista

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Nutrição (PPGN), do Instituto de Nutrição Josué de Castro da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Nutrição Humana.

Aprovada em: 21 / 12 / 2021.

BANCA EXAMINADORA

Professora Drª Adriana Farah - Presidente da Banca
Universidade Federal do Rio de Janeiro/ Instituto de Nutrição Josué de Castro

---

Professora Drª Veronica Maria de Araújo Calado – Titular Externa
Universidade Federal do Rio de Janeiro / Escola de Química

Professora Drª Eliane Fialho de Oliveira – Titular Interna
Universidade Federal do Rio de Janeiro / Instituto de Nutrição Josué de Castro

---

Professora Drª Juliana de Paula Lima - Revisora
Universidade Federal do Rio de Janeiro / Instituto de Nutrição Josué de Castro

---

Professora Drª Anna Paola Pierucci - Suplente Interna
Universidade Federal do Rio de Janeiro / Instituto de Nutrição Josué de Castro

---

Professora Drª Maria Teresa Salles Trevisan - Suplente Externa
Universidade Federal do Ceará / Departamento de Química Orgânica e Inorgânica

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação à minha mãe, **Eni Maia.**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, à minha mãe e meu pai, pelo apoio incondicional.

Aos meus amigos e irmãos Eduardo Artur, André Davidovich, Gabriel Moita, Andrei Ribeiro, Bernard Lavor e Adler Guimarães, por sempre estarem ao meu lado. À minha família e à minha namorada, Leticia Ramos, pelo incentivo em todos os momentos.

À professora Adriana Farah, pelo exemplo de pesquisadora, pela oportunidade de fazer parte da ciência e sua dedicação durante minha orientação. Aos integrantes do Núcleo de Pesquisa em Café Professor Luiz Carlos Trugo, em especial à Juliana de Paula, pelo companheirismo e aprendizado desde os meus primeiros passos na iniciação científica até os dias de hoje. E aos integrantes do LABTeR, por todo acolhimento e convivência.

Agradeço ainda ao professor Fabio Partelli e às professoras integrantes da banca avaliadora: Eliane Fialho, Verônica Calado, Juliana de Paula, Anna Paola Pierucci e Maria Tereza Trevizan.

EPÍGRAFE

“As gaiolas são os lugares onde as certezas moram.”

Rubem Alves

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ramo do cafeeiro (*C. arabica*) (A). Partes do fruto do cafeeiro (B). **Página 19**

Figura 2: Arbustos das espécies *Coffea arabica* (A, à esquerda) e *Coffea canephora* (B, à direita). **Página 20**

Figura 3: Produção mundial das espécies *Coffea arabica* e *Coffea canephora* (internacionalmente denominada robusta), por ano cafeeiro. **Página 21**

Figura 4: Colheita manual (A), Semi-mecanizada (B) e mecânica (C). **Página 25**

Figura 5: Galhos e folhas presentes no solo pós-colheita. **Página 30**

Figura 6: Estrutura química da cafeína. **Página 35**

Figura 7: Ácidos clorogênicos majoritários. (A) ácido 3-cafeoilquínico, (B) ácido 4-cafeoilquínico, (C) ácido 5-cafeoilquínico, (D) ácido 3,4-dicafeoilquínico, (E) ácido 3,5-dicafeoilquínico, (F) ácido 4,5-dicafeoilquínico, (G) ácido 3-feruloilquínico, (H) ácido 4-feruloilquínico e (I) ácido 5-feruloilquínico. **Página 38**

Figura 8: Desenho experimental esquematizado. **Página 46**

Figura 9: Sementes (A), cascas de frutos (B) e folhas (C) de novos genótipos (n = 42) de *C. canephora* originados da variedade conilon, provenientes de três safras consecutivas (2018, 2019 e 2020). **Página 47**

Figura 10: Valores médios de radiação solar e temperatura mínima do ar (A) e umidade relativa do ar e precipitação (B) em seis estações de crescimento (2014, 2015, 2016, 2017, 2018 e 2019), registrados na estação meteorológica de Nova Venécia – ES. **Página 48**

Figura 11: Teores médios de sólidos solúveis (º Brix) das sementes (S) de novos genótipos de *C. canephora* provenientes de três safras consecutivas (2018, 2019 e 2020). Diferentes letras sobre as barras indicam diferença estatística entre os genótipos (ANOVA, $p < 0{,}005$). **Página 57**

Figura 12: Exemplo de cromatograma obtido de cromatografia líquida de alta eficiência da extração metanólica das sementes dos genótipos de *C. canephora* avaliados na presente dissertação. **1**: ácido 3-cafeoilquínico; **2**: ácido 5-cafeoilquínico; **3**: ácido 4-cafeoilquínico; **4**: ácido 4-feruloilquínico; **5**: ácido 5-feruloilquínico; **6**: ácido 3,4-dicafeoilquínico; **7**: ácido 3,5-dicafeoilquínico; **8**: ácido 4,5-dicafeoilquínico; **10**: ácido cafeico; **12**: ácido *p*-cumárico; **13**: ácido ferúlico; **15**: ácido 3-feruloilquínico. **Página 58**

Figura 13: Exemplo de cromatograma obtido de cromatografia líquida de alta eficiência da extração metanólica das cascas de frutos dos genótipos de *C. canephora* avaliados na presente dissertação. **1**: ácido 3-cafeoilquínico; **2**: ácido 5-cafeoilquínico; **3**: ácido 4-cafeoilquínico; **4**: ácido 4-feruloilquínico; **5**: ácido 5-feruloilquínico; **6**: ácido 3,4-dicafeoilquínico; **7**: ácido 3,5-dicafeoilquínico; **8**: ácido 4,5-dicafeoilquínico; **9**: ácido gálico; **10**: ácido cafeico; **11**: rutina; **12**: ácido *p*-cumárico; **13**: ácido ferúlico; **14**: ácido 3,4-dihidroxibenzóico. **Página 59**

Figura 14: Exemplo de cromatograma obtido de cromatografia líquida de alta eficiência da extração metanólica das folhas dos genótipos de *C. canephora* avaliados na presente dissertação. **1**: ácido 3-cafeoilquínico; **2**: ácido 5-cafeoilquínico; **3**: ácido 4-cafeoilquínico; **4**: ácido 4-feruloilquínico; **5**: ácido 5-feruloilquínico; **6**: ácido 3,4-dicafeoilquínico; **7**: ácido 3,5-dicafeoilquínico; **8**: ácido 4,5-dicafeoilquínico; **9**: ácido gálico; **10**: ácido cafeico; **11**: rutina; **12**: ácido *p*-cumárico; **13**: ácido ferúlico. **Página 59**

Figura 15: Teores médios de cafeína das sementes (S) de novos genótipos de *C. canephora*, provenientes de três safras consecutivas (2018, 2019 e 2020). Diferentes letras sobre as barras indicam diferença estatística entre os genótipos (ANOVA, $p < 0,005$). **Página 64**

Figura 16: Teores médios de cafeína das cascas de frutos (C) de novos genótipos de *C. canephora*, provenientes de três safras consecutivas (2018, 2019 e 2020). Diferentes letras sobre as barras indicam diferença estatística entre os genótipos (ANOVA, $p < 0,005$). **Página 66**

Figura 17: Teores médios de cafeína das folhas (F) de novos genótipos de *C. canephora*, provenientes de três safras consecutivas (2018, 2019 e 2020). Diferentes letras sobre as barras indicam diferença estatística entre os genótipos (ANOVA, $p < 0,005$). **Página 68**

Figura 18: Teores médios de ácidos clorogênicos totais (CGA) das sementes (S) de novos genótipos de *C. canephora*, provenientes de três safras consecutivas (2018, 2019 e 2020). Diferentes letras sobre as barras indicam diferença estatística entre os genótipos (ANOVA, $p < 0,005$). **Página 74**

Figura 19: Teores médios de CGA das cascas de frutos (C) de novos genótipos de *C. canephora*, provenientes de três safras consecutivas (2018, 2019 e 2020). Diferentes letras sobre as barras indicam diferença estatística entre os genótipos (ANOVA, $p < 0,005$). **Página 77**

Figura 20: Teores médios de CGA das folhas (F) de novos genótipos de *C. canephora*, provenientes de três safras consecutivas (2018, 2019 e 2020). Diferentes letras sobre as barras indicam diferença estatística entre os genótipos (ANOVA, $p < 0,005$). **Página 80**

Figura 21: Mapa de calor gerado a partir da análise multivariada, indicando os cultivares contendo teores importantes de cafeína e CGA em sementes dos novos genótipos de *C. canephora* investigados. **Página 82**

Figura 22: Mapa de calor gerado a partir da análise multivariada, indicando os cultivares contendo teores importantes de cafeína e CGA em cascas de frutos dos novos genótipos de *C. canephora* investigados. **Página 83**

Figura 23: Mapa de calor gerado a partir da análise multivariada, indicando os cultivares contendo teores importantes de cafeína e CGA em folhas dos novos genótipos de *C. canephora* investigados. **Página 84**

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resumo da composição química de sementes cruas de *Coffea arabica* e *Coffea canephora.* **Página 31**

Tabela 2: Composição química média da bebida das espécies *Coffea arabica* e *Coffea canephora.* **Página 32**

Tabela 3: Principais compostos bioativos identificados em sementes, folhas, casca e polpa de frutos do cafeeiro por diferentes autores. **Página 34**

Tabela 4: Identificação dos novos genótipos (*n* = 42) de *C. canephora* originados da variedade conilon, provenientes de três safras consecutivas (2018, 2019 e 2020). **Página 47**

Tabela 5: Teor de umidade das diferentes partes (sementes, cascas de frutos e folhas) de novos genótipos de *C. canephora* originados da variedade conilon, provenientes de três safras consecutivas (2018, 2019 e 2020). **Página 53**

Tabela 6: Teores de sólidos solúveis (º Brix) das sementes de novos genótipos de *C. canephora* originados da variedade conilon, provenientes de três safras consecutivas (2018, 2019 e 2020). **Página 56**

Tabela 7: Teores de cafeína em sementes de novos genótipos de *C. canephora* originados da variedade conilon, provenientes de três safras consecutivas (2018, 2019 e 2020). **Página 63**

Tabela 8: Teores de cafeína em cascas de frutos de novos genótipos de *C. canephora* originados da variedade conilon, provenientes de três safras consecutivas (2018, 2019 e 2020). **Página 65**

Tabela 9: Teores de cafeína em folhas de novos genótipos de *C. canephora* originados da variedade conilon, provenientes de três safras consecutivas (2018, 2019 e 2020). **Página 67**

Tabela 10: Teores de ácidos clorogênicos em sementes de novos genótipos de *C. canephora* originados da variedade conilon, provenientes de três safras consecutivas (2018, 2019 e 2020). **Página 72**

Tabela 11: Teores de ácidos clorogênicos em cascas de frutos de novos genótipos de *C. canephora* originados da variedade conilon, provenientes de três safras consecutivas (2018, 2019 e 2020). **Página 75**

Tabela 12: Teores de ácidos clorogênicos em folhas de novos genótipos de *C. canephora* originados da variedade conilon, provenientes de três safras consecutivas (2018, 2019 e 2020). **Página 78**

Tabela 13: Sementes, cascas de frutos e folhas de novos genótipos de *Coffea canephora* que se destacaram em relação aos elevados teores de sólidos solúveis, cafeína e CGA, nas 3 safras consecutivas. **Página 85**

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

3,4-diCQA	ácido 3,4-dicafeoilquínico
3,5-diCQA	ácido 3,5-dicafeoilquínico
3-CQA	ácido 3-cafeoilquínico
3-FQA	ácido 3-feruloilquínico
4,5-diCQA	ácido 4,5-dicafeoilquínico
4-CQA	ácido 4-cafeoilquínico
4-FQA	ácido 4-feruloilquínico
5-CQA	ácido 5-cafeoilquínico
5-FQA	ácido 5-feruloilquínico
ABIC	Associação Brasileira da Indústria de Café
ABICS	Associação Brasileira da Indústria de Café Solúvel
bs	base seca
BSCA	Associação Brasileira de Cafés Especiais
CGA	ácidos clorogênicos totais
CGL	cinamoil-1,5-lactonas
CE	Comissão Europeia
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CQA	ácidos cafeoilquínicos
DAD	detector de feixe de diodos
DiCQA	ácidos dicafeoilquínicos
EFSA	*European Food Safety Authority*
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FQA	ácidos feruloilquínicos
HPLC	Cromatografia Líquida de Alta Eficiência
ICO	*International Coffee Organization*
INCAPER	Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural
IUPAC	União Internacional de Química Pura e Aplicada

MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Nm	nanômetro
OTA	ocratoxina A
PCS	Programa Cafés Sustentáveis do Brasil
rpm	rotações por minuto
UV/Vis	espectro ultravioleta visível

RESUMO

Determinação dos teores de cafeína e ácidos clorogênicos em sementes, cascas de frutos e folhas de novos genótipos de *Coffea canephora* para seleção de cultivares com foco em saúde.

Resumo da dissertação de mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Nutrição, Instituto de Nutrição Josué de Castro, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Nutrição Humana.

Introdução: *Coffea canephora* (conhecida mundialmente como café robusta, canéfora, ou conilon quando de origem brasileira) é a segunda espécie de café mais comercializada no mundo, devido aos seus elevados teores de sólidos solúveis e compostos bioativos. O Brasil é o segundo maior produtor e exportador dessa espécie, com destaque para o estado do Espírito Santo. Durante o cultivo do cafeeiro, colheita dos frutos e beneficiamento das sementes, são obtidos também os subprodutos, como as cascas de frutos e folhas, que em sua grande maioria são descartadas, muitas vezes de forma indevida, mas sabe-se que contêm teores consideráveis de compostos bioativos e que podem ser aproveitados pela indústria farmacêutica e de alimentos. **Objetivo geral**: Avaliar os teores de cafeína e ácidos clorogênicos (CGA) em sementes, cascas de frutos e folhas de novos genótipos de *C. canephora*, provenientes de safras consecutivas, correlacionando-as, além de selecionar genótipos para estabelecimento de cultivares de interesse para a saúde. **Materiais e métodos**: Plantas promissoras de *C. canephora* (café conilon) (n = 42), incluindo sementes, cascas de frutos e folhas foram selecionadas, replicadas vegetativamente por estaquia (propagação clonal) e cultivadas em área experimental no Espírito Santo. Amostras foram colhidas em 2018, 2019 e 2020. Após secagem em estufa, foram moídas, peneiradas e o teor de umidade determinado. O teor de sólidos solúveis foi determinado a partir de extratos das sementes. Compostos bioativos foram extraídos, em triplicatas, utilizando metanol 40% e analisados por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC), com detector de feixe de diodos (DAD), em sistema de fase reversa. Os resultados (base seca-bs) foram estatisticamente testados para diferenças e comparações utilizando análise de variância (ANOVA), seguida pelo pós-teste de *Tukey*. Correlações de *Pearson's* também foram determinadas. Diferenças foram consideradas quando $p < 0.05$. **Resultados:** Considerando as três safras avaliadas, as sementes, cascas de frutos e folhas apresentaram teores de cafeína entre 1,21 e 2,55; 0,13 e 0,84 e 0,33 e 2,01 g/100g bs, respectivamente. Os teores de CGA totais variaram entre 3,71 e 9,71; 0,43 e 1,65 e 0,80 e 2,22 g/100g bs, respectivamente. Correlações positivas foram observadas entre os teores de sólidos solúveis e cafeína (r: 0.6354, p = 0.0299) e sólidos solúveis e CGA das sementes (r: 0.7780, $p < 0.001$). Foram observadas correlações positivas,

porém fracas, entre os teores de cafeína das folhas e das cascas de frutos (r: 0.4366, *p* = 0.0038) e entre os teores das cascas de frutos e das sementes (r: 0.4009, *p* = 0.085). Não foram observadas correlações entre os teores de CGA nas sementes, cascas de frutos e folhas de *C. canephora*. **Conclusões:** Entre as safras, os coeficientes de variação (CV) dos teores de cafeína e CGA variaram amplamente nas sementes (entre 1,99 e 11,70% e 1,08 e 28,70%), cascas de frutos (entre 3,61 e 25,54% e 1,23 e 39,15%) e folhas (entre 2,58 e 33,55 e 5,29 e 42,74%), de novos genótipos de *C. canephora,* respectivamente. Genótipos promissores se destacaram em relação aos elevados teores de sólidos solúveis, cafeína e CGA, sendo indicativo de registro de cultivares, com possibilidades para atender diferentes demandas de mercado, incluindo a utilização pelas indústrias de alimentos e farmacêutica. A utilização dos subprodutos como as folhas e cascas de frutos de novos genótipos de *C. canephora*, como ingrediente alimentar seguro e fonte de compostos bioativos, representa oportunidade de valorização dos subprodutos da indústria cafeeira, proporcionando benefícios econômicos e ambientais.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 16

2. REVISÃO DA LITERATURA 18

2.1. O CAFEEIRO 18

2.2. PRODUÇÃO E CONSUMO DE CAFÉ 20

2.3. SUSTENTABILIDADE, MANEJO E SUBPRODUTOS DA PRODUÇÃO DE CAFÉ 23

2.4. CONSTITUINTES QUÍMICOS E POTENCIAL BIOATIVO 31

2.5. DESENVOLVIMENTO DE NOVOS GENÓTIPOS E PERSPECTIVAS PARA A ESPÉCIE *COFFEA CANEPHORA* 41

3. JUSTIFICATIVA 43

4. OBJETIVOS 45

4.1. GERAL 45

4.2. ESPECÍFICOS 45

5. MATERIAIS E MÉTODOS 46

5.1. DESENHO EXPERIMENTAL 46

5.2. OBTENÇÃO DAS AMOSTRAS 46

5.3. TEOR DE UMIDADE 49

5.4. SÓLIDOS SOLÚVEIS DAS SEMENTES 50

5.5. EXTRAÇÃO METANÓLICA DE COMPOSTOS BIOATIVOS 50

5.6. PADRÕES DE COMPOSTOS BIOATIVOS 50

5.7. ANÁLISE DE COMPOSTOS BIOATIVOS 51

5.8. ANÁLISE ESTATÍSTICA 52

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO 53

6.1. UMIDADE 53

6.2. SÓLIDOS SOLÚVEIS 55

6.3. COMPOSTOS BIOATIVOS 58

6.3.1 CAFEÍNA 60

6.3.2. ÁCIDOS CLOROGÊNICOS 69

6.4 POTENCIAL BIOATIVO DOS NOVOS GENÓTIPOS DE *COFFEA CANEPHORA* 81

7. CONCLUSÕES 91

8. ETAPAS FUTURAS 92

9. REFERÊNCIAS 92

1. INTRODUÇÃO

O café é a segunda bebida mais consumida do mundo, estando atrás apenas da água (BUTT; SULTAN, 2011) e sua importância comercial o torna uma das principais *commodities* mundiais (CARVALHO et al., 2018). O Brasil destaca-se como maior produtor e exportador das sementes cruas a nível mundial, com produção equivalente a 35% do mercado (3.4 milhões de toneladas) no ano de 2020. O país é também o segundo maior consumidor da bebida (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, 2019; Organização Internacional do Café - OIC, 2020). Destacam-se, em importância comercial, as espécies *Coffea arabica* (popularmente denominada café arábica) e *Coffea canephora* (conhecida mundialmente como café robusta, canéfora, ou conilon quando de origem brasileira). As bebidas produzidas a partir das sementes dessas espécies apresentam diferentes características sensoriais devido a variações na composição química, condições de cultivo e técnicas de beneficiamento (MUNYENDO et al., 2021). Ao longo da história, observou-se a disparidade de produção e comercialização devido à diferente aceitabilidade das bebidas oriundas de cada espécie, com maior valorização da espécie *Coffea arabica*. Entretanto, o desenvolvimento de técnicas de melhoramento genético e métodos inovadores no processamento pós-colheita apontam para a melhoria de qualidade e aumento do valor de mercado da espécie *Coffea canephora* (PEREIRA et al., 2021). Esse fato, junto ao aquecimento global e sua maior resistência a temperaturas mais altas e a pragas, torna promissor o seu cultivo em regiões acometidas por variações climáticas, tradicionalmente produtoras de *Coffea arabica*.

O aroma e sabor agradáveis do café, junto à sua capacidade de estimulação do sistema nervoso central, implicando no aumento do estado de alerta, são os principais fatores para seu elevado consumo. Porém, cada vez mais, seus benefícios à saúde têm sido interesse de seus consumidores e de novas pesquisas científicas (FISCHER et al., 2019). O consumo regular da bebida café e sua relação com a promoção da saúde vêm sendo reforçados nas últimas décadas por meio de crescentes informações científicas

que demonstram sua capacidade de reduzir a incidência de uma série de doenças, como diabetes *mellitus*, doenças cardiovasculares e doenças neurodegenerativas (FARAH, 2017; FARAH; dePAULA, 2019). Estes benefícios estão relacionados com a presença e os teores de compostos bioativos na bebida (CAPRIOLI et al., 2015), especialmente a cafeína e outros compostos antioxidantes, como os ácidos clorogênicos.

Como anteriormente citado, *Coffea arabica* e *Coffea canephora* são diferentes em muitos aspectos, e em relação à composição química, *Coffea canephora* apresenta maiores teores de compostos antioxidantes e cafeína e, teores superiores de sólidos solúveis, quando comparados à espécie arábica (FARAH, 2012). Por isso, é com frequência incluído em misturas comerciais usadas para produção de café solúvel, para conferir corpo e aumentar o rendimento da bebida

Durante o cultivo do cafeeiro, colheita dos frutos e beneficiamento das sementes, produto de maior interesse comercial, são obtidos também os subprodutos da lavoura do café. Dentre estes, figuram as folhas do cafeeiro, em quantidade significativa, que pode variar de acordo com as condições ambientais e de manejo do cafeicultor (TREVISAN et al., 2016) e as cascas dos frutos, que assim como os demais subprodutos, em sua grande maioria, são descartadas de forma indevida (IRIONDO-DEHOND, 2020). Há pouca informação disponível sobre a composição química desses subprodutos, mas sabe-se que contêm teores consideráveis de compostos bioativos e que podem ser aproveitados pela indústria alimentícia, entre outras.

Este trabalho de dissertação visa explorar os teores dos principais compostos bioativos de novos genótipos de *Coffea canephora* a fim de agrupá-los na forma de cultivares de interesse para a saúde.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. O CAFEEIRO

Pertencente à família botânica Rubiaceae, o cafeeiro é originado da Etiópia (África Central). Mais de 100 espécies de café já foram identificadas, sendo que duas delas são predominantemente cultivadas a nível comercial: *Coffea arabica* (café arábica), oriunda de altitudes elevadas da Etiópia, e atualmente cultivada no continente americano, África e Ásia, e *Coffea canephora* (café canéfora, robusta ou conilon) natural de planícies da África Equatorial, e atualmente cultivada em países da África Central e Ocidental, sudeste da Ásia e América do Sul (EMBRAPA, 2004; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE CAFÉ - ABIC, 2015; FARAH, 2017).

A planta do café é uma dicotiledônea perene, que devido à poda da lavoura para facilitar a colheita e manter o formato ideal da planta, normalmente apresenta 3 metros de altura (FERREIRA et al., 2019), enquanto na natureza seus arbustos podem atingir de 4 a 6 metros na espécie arábica, e até 12 metros na espécie canéfora. Estes arbustos possuem tronco único ou múltiplo com raízes de até 3 metros de profundidade ao solo. Os ramos verticais originam-se do tronco principal, formando novos ramos verticais de onde surgem suas primeiras florescências entre 3 e 4 anos, com duração de até 3 dias. Após o período de floração e queda das flores, são desenvolvidos ovários que originam seus frutos ovais de 18mm de comprimento e 10 a 15mm de diâmetro por período de 7 a 10 meses, com média de 220 dias na espécie arábica e 300 dias para canéfora (EMBRAPA, 2015; SEGHETO, 2017), apresentando inicialmente, coloração verde intensa, que, ao decorrer do amadurecimento, torna-se vermelho-brilhante, rosa escuro ou amarela (FARAH, 2012; FERREIRA et al., 2019).

O fruto do cafeeiro consiste, de fora para dentro, em casca, polpa, mucilagem, uma película amarela denominada pergaminho e uma fina película prateada que envolve as sementes (*silverskin)*, que normalmente são encontradas em duas unidades

em cada fruto (SMITH, 1985). As folhas são finas e brilhantes e crescem em pares opostos uns aos outros no ramo (**Figura 1**).

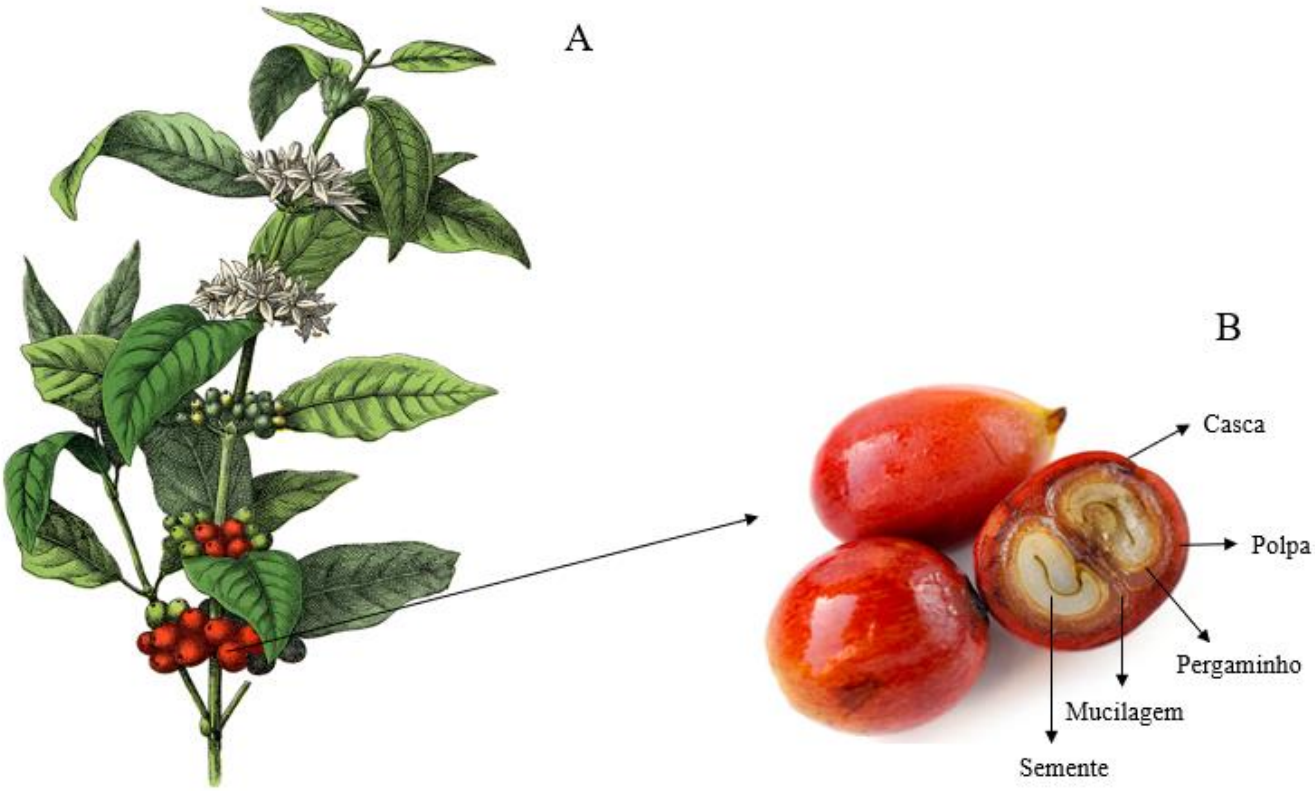

Figura 1: Ramo do cafeeiro (*C. arabica*) (A). Partes do fruto do cafeeiro (B). Fonte: modificado de *Plantas Medicinales* (2012).

Originada de regiões montanhosas, a espécie *Coffea arabica* requer clima ameno, geralmente tropical de altitude, para seu desenvolvimento. Apresenta arbustos delicados e produção considerada média. Em contrapartida, a espécie *Coffea canephora* é caracterizada por desenvolver-se bem em climas quentes e úmidos, ambiente este que tende a favorecer o crescimento de micro e macrorganismos indesejáveis, que frequentemente prejudicam as condições de cultivo. Porém, é uma espécie mais resistente a pragas e tende a apresentar produtividade elevada (FARAH, 2012; 2019) (**Figura 2**).

Figura 2: Arbustos das espécies *Coffea arabica* (A, à esquerda) e *Coffea canephora* (B, à direita). Foto: Alexsando Lara Teixeira (EMBRAPA, 2015).

2.2 PRODUÇÃO E CONSUMO DE CAFÉ

A infusão das sementes do cafeeiro, produzida originalmente pelos árabes e com consumo datado há mais de mil anos, chegou à Europa no século XIV e popularizou-se em seu continente por viajantes que transportavam suas sementes a partir de 1615. A partir da colonização europeia, a bebida alcançou novos territórios (Centro do Comércio de Café de Vitória - CCCV, 2016). Hoje, apreciada a nível mundial e reconhecida como a bebida mais consumida do mundo ocidental, é considerada como uma mercadoria de grande importância para a economia internacional, principalmente para os países exportadores (ALVES, 2009; LIMA et al., 2010; ABIC, 2015).

O Brasil é o maior produtor e exportador dos grãos crus em todo o mundo. A produção brasileira referente ao ano cafeeiro de 2019-2020 contabilizou 58 milhões de sacas de 60kg, representando cerca de 35% da produção mundial, estimada em 169,34 milhões de sacas de 60kg. No mesmo ano, à exportação brasileira contabilizou-3.4 milhões de toneladas. O café arábica cru foi responsável por 77,9% das exportações (2,7 milhões de toneladas), o café conilon cru, que é a variedade de canéfora cultivada no Brasil, por 12,2,7% (0,7 milhões de toneladas) e o café solúvel, pelo percentual restante (OIC, 2020) (**Figura 3**). O Vietnã, maior produtor e exportador mundial de café robusta, é responsável por cerca de 45% da produção global. Indonésia e Índia também são grandes produtores, responsáveis por cerca de 15% e 6% da produção mundial, respectivamente (EMBRAPA, 2018). O Brasil é o segundo maior produtor e exportador de café conilon no mundo (OIC, 2018), contribuindo com cerca de 20% da produção mundial, com destaque para o estado do Espírito Santo, maior produtor da espécie no país (cerca de 78%), seguido pelos estados da Bahia e Rondônia (Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, 2018).

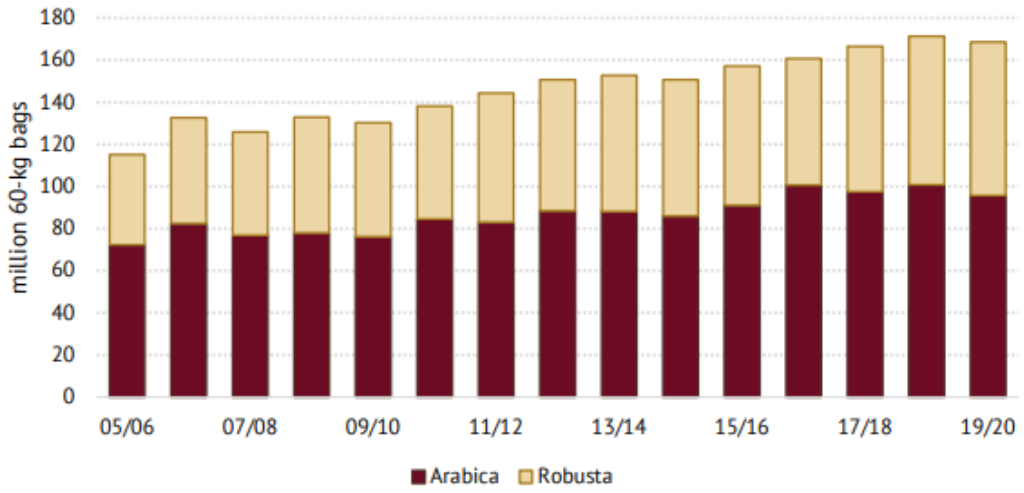

Figura 3: Produção mundial das espécies *Coffea arabica* e *Coffea canephora* (internacionalmente denominada robusta), por ano cafeeiro (OIC, 2020).

Esta disparidade de produção e comercialização entre arábica e canéfora ocorre pela diferente apreciação e aceitabilidade das bebidas oriundas de cada espécie, visto que são diferentes em diversos aspectos, inclusive nas características sensoriais das bebidas produzidas a partir das sementes torradas e moídas (FARAH, 2012).

O café arábica, considerado o mais nobre entre os tipos de café, fornece bebidas de sabor adocicado, e qualidade superior, com notas aromáticas pronunciadas. Por isso, apresenta maior valorização comercial. Já o conilon fornece bebidas com características neutras e baixa acidez quando comparada ao anterior, o que pode vir a realçar o sabor da mesma (FARAH, 2019). Porém, tende a apresentar pronunciado amargor, menor qualidade sensorial e menor aceitabilidade, devido à diferente composição química oriunda de fatores genéticos, e diferenças nas técnicas de cultivo e de beneficiamentos adotadas para cada espécie (FARAH; DONANGELO, 2006; RINCON, 2011).

O café canéfora, embora ainda seja discriminado e conhecido por produzir bebidas de qualidade inferior quando comparado à espécie arábica, apresenta notáveis propriedades na produção de cafés solúveis e na indústria de cafés torrados e moídos devido ao seu maior teor de sólidos solúveis, sendo muito utilizado em *blends* com o café arábica, conferindo ao produto, expressiva capacidade de competição mercadológica, devido ao seu maior rendimento industrial e aos menores preços comumente praticados em sua comercialização (Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural – INCAPER, 2017). Atualmente, por conta da maturidade em qualidade alcançada, a aceitação e o crescente interesse do mercado, esse cenário tem se modificado e o café conilon de qualidade tem se mostrado cada vez mais imponente, ganhando espaço considerável (BOAVENTURA, 2018), inclusive após a Associação Brasileira de Cafés Especiais (BSCA) ter liberado a filiação de produtores de cafés conilon e robusta à entidade, devido aos novos métodos de fermentação no pós-colheita que têm lhe atribuído sabores exóticos como de *nibs* de cacau, por exemplo.

A demanda por café conilon especial é crescente no mercado doméstico e a maior procura pelo produto ainda vem das indústrias de café torrado e moído, que utilizam o produto em *blends* com o café arábica para garantir corpo à bebida (INCAPER, 2017). Hoje, essa demanda se dá não só pelo rendimento industrial, mas também pelos elevados teores de compostos bioativos deste café, que pode originar bebidas com nuances surpreendentes, além da sua capacidade de realçar e melhorar as características sensoriais de alguns cafés arábica. Porém, ainda não há no país oferta suficiente para atender ao aumento da demanda, já que o clima tropical das regiões produtoras de café conilon favorece o crescimento de microrganismos e pragas que frequentemente prejudicam as condições de cultivo e a qualidade das sementes (FIOROTT; STURM, 2016).

Historicamente, a cafeicultura tem grande importância no mercado mundial e constitui-se como atividade essencial para o desenvolvimento socioeconômico do país. Por essa razão, é indispensável a realização de pesquisas que possibilitem o melhoramento genético e a seleção do cafeeiro, indicando materiais mais promissores para cultivo, favorecendo o aumento da produção, proporcionando cafés conilon de melhor qualidade, e possibilitando maiores retornos econômicos (FIOROTT; STURM, 2016). Além disso, considerando as tendências de mudanças e o aquecimento global, o café conilon de qualidade desponta como o futuro da cafeicultura.

2.3 SUSTENTABILIDADE, MANEJO E SUBPRODUTOS DA PRODUÇÃO DE CAFÉ

Frente à preocupação mundial com impactos ambientais causados pela produção industrial e agropecuária, desde o século XIX observa-se o crescente debate e a busca por meios de amenizar os danos à natureza (POTT; ESTRELA, 2017). Devido à extensa produção de café por seus principais países produtores e, consequentemente, grande produção de resíduos, faz-se necessário o desenvolvimento de métodos para sua destinação adequada. Atualmente, a promoção de práticas sustentáveis na produção agrícola e de consumo consciente vem fortalecendo o

conceito de sustentabilidade no Brasil e no mundo, como benefício ao meio ambiente, aos consumidores e, também, aos produtores rurais.

Em maio de 2007 a ABIC lançou o Programa Cafés Sustentáveis do Brasil (PCS) com a proposta de introduzir o mercado brasileiro dentro da nova tendência mundial que é a do consumo consciente: produtos que são adquiridos porque, comprovadamente, foram feitos respeitando-se a sustentabilidade econômica, social e ambiental (ABIC, 2019). Sobre a dimensão ambiental, o modelo de produção sustentável deve adotar práticas que garantam desperdícios mínimos e a preservação dos recursos hídricos, da biodiversidade, além de cumprir a regulamentação do uso de agrotóxicos e fertilizantes registrados para a cultura do café, e do manejo de resíduos.

A adoção de práticas sustentáveis favorece melhores condições de comercialização e abre espaço para novos mercados, diferenciados por seu valor e qualidade, pode ainda permitir a utilização integral e o aproveitamento dos subprodutos da produção do café e, com isso, remunerar melhor os produtores e toda cadeia produtiva. Uma alternativa com potencial benéfico ao meio ambiente, por reduzir o montante de resíduos poluidores descartados, e aos produtores, por gerar novos produtos de valor agregado a serem comercializados, é a reciclagem ou reaproveitamento de resíduos gerados durante a produção da lavoura (CABRAL; MORIS, 2010).

A quantidade de resíduos gerados durante a produção de café varia de acordo com o método empregado pelo cafeicultor. Estes podem ser classificados, tradicionalmente, em manual, semi-mecanizado e mecanizado. Na colheita manual, os frutos são coletados seletivamente (catação a dedo, idealmente de frutos maduros); no entanto, embora seja uma técnica que favoreça a qualidade dos frutos colhidos, não é majoritariamente utilizada pelos produtores brasileiros, pois é considerada onerosa e demorada dada à grande extensão das propriedades, sendo reservada para pequenas propriedades que se dedicam à produção de cafés especiais. Uma alternativa à colheita manual para reduzir o tempo de colheita é a derriça total dos frutos (frutos de diferentes graus de maturação são colhidos de uma só vez, juntamente com ramos e folhas) sobre

o pano de colheita ou peneiras; método de colheita predominante no país). Após a derriça, deve ser realizada a fase de abanação, em que os frutos de café são separados das folhas, ramos e impurezas em geral, para em seguida, serem beneficiados (GUIMARÃES et al., 2019)

Já na colheita semi-mecanizada, também considerada “sistema de transição”, há utilização de máquinas (derriçadores portáteis) de forma intercalada e parcial sem dispensar o uso de mão de obra. A colheita mecanizada dos frutos é realizada por máquinas colhedoras completas ou tracionadas por trator; como alternativa viável para reduzir o tempo de colheita e a demanda de mão de obra (EMBRAPA, 2017). No entanto, depende de superfícies planas e como a derriça, colhe frutos de diferentes graus de maturação que devem que ser posteriormente separados (**Figura 4**).

Figura 4: Colheita manual (A), Semi-mecanizada (B) e mecânica (C). Adaptado de: MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2016.

Após a colheita, são realizados os processamentos que visam à retirada da casca, polpa e pergaminho e dos frutos para obtenção das sementes (**Figura 1**). Esse processamento, denominado beneficiamento pós-colheita, pode ser realizado por via úmida (com ou sem fermentação), seca e semi-seca, hoje frequentemente personalizados e mesclados. Esses diferentes métodos geram diferenças na composição química das sementes e, consequentemente, em suas características sensoriais após a etapa de torrefação (FARAH, 2019).

A extração das sementes por via seca é a mais utilizada no Brasil (80%) e seu principal resíduo obtido é a casca. No método seco tradicional, também conhecido

como “processamento natural”, os frutos colhidos são expostos ao sol e/ou a secadores de ar, até que o teor de umidade atinja cerca de 10 a 12,5%. Em seguida, os frutos são armazenados, higienizados e descascados, com remoção completa da casca, polpa, mucilagem e pergaminho (ESQUIVEL; JIMENEZ, 2012). Apenas a película fina prateada), rica em polissacarídeos, continua aderida às sementes. O método de processamento seco tem sido tradicionalmente utilizado para secar frutos do cafeeiro que não são colhidos seletivamente (colhidos pela derriça total ou pela colheita mecanizada). Acredita-se que devido a esta mistura de sementes de diferentes graus de maturação, este método produza sementes de qualidade inferior. No entanto, cafés processados pelo método seco podem ser muito saborosos, sendo utilizados na composição de *blends* para o preparo de cafés expresso, para fornecer corpo à bebida, além do sabor adocicado (FARAH, 2019).

A via úmida é o processo menos utilizado no território brasileiro, demanda maior investimento financeiro e é mais complexo que o seco, embora necessite de menos tempo (cerca de um terço em comparação ao seco) e menor área necessária para a secagem dos frutos, que são selecionados em tanques de flutuação e tem a polpa como principal resíduo. Este processo utiliza equipamento mecânico e água em abundância, sendo realizado por produtores que visam melhoria da qualidade final da bebida de café, por garantir maior preservação das características das sementes. Após a colheita dos frutos e realização das etapas de lavagem e separação de materiais impuros e frutos em diferentes maturações, os frutos são parcialmente despolpados (permanecendo a mucilagem, além da película prateada na semente) com o auxílio de um despolpador, e fermentados, etapa que aumenta a acidez e desenvolve o sabor e aroma do café (PEREIRA et al., 2018). As sementes envoltas por seu pergaminho e mucilagem são então postas em tanques de fermentação, que facilitam a remoção da mucilagem através de lavagem. Durante a fermentação, o uso de enzimas, microrganismos selecionados ou a microbiota natural local podem ser utilizados para remover a mucilagem e a maior parte da película prateada. *Saccharomyces cerevisiae*, *Pichiakluyveri*, *Pichia anomala*, *Hanseniaspora uvarum*, *Debaryomyces hansenii* e

Torulaspora delbrueckii, são algumas espécies de leveduras já utilizadas durante o processamento do café (FARAH, 2019). Ao término da fermentação (24 à 36h) ocorre a lavagem das sementes e separação da mucilagem. Então as sementes envoltas pelo pergaminho são postas em superfície de secagem por luz solar e/ou secadores mecânicos até a atingirem de 10 a 12,5% de umidade. Em seguida, as sementes secas são transportadas para unidades de beneficiamento onde ocorre a retirada dos pergaminhos por maquinário e posterior seleção qualitativa das sementes a serem comercializadas (SOCCOL, 2002).

Um terceiro método híbrido foi criado no Brasil, no qual os frutos do cafeeiro são lavados, selecionados em tanques de flutuação e parcialmente despolpados antes da secagem, deixando a mucilagem nas sementes (como no método úmido). Em seguida, são secos de forma natural ao sol e posteriormente descascados. Os cafés processados dessa maneira são chamados de “naturais despolpados”. Uma variação deste método é o “*honey coffee*”, caracterizado por secagem lenta em leitos suspensos (cerca de uma semana, dependendo da quantidade de mucilagem deixada nas sementes) o que propicia a fermentação, que é controlada para enriquecer o sabor e evitar o desenvolvimento de fungos. É chamado de “*honey coffee*” porque como as sementes mantêm a polpa ou mucilagem antes da secagem, ficam pegajosas devido aos teores de açúcares nela presentes. Atualmente, existem variações do “*honey coffee*” – *yellow*, *red* e *black* – e a cor depende, principalmente, do teor inicial de açúcares. Este processo, realizado apenas em frutos maduros, origina cafés aromáticos, doces, frutados, com acidez equilibrada, (além de notas sensoriais leves ou acentuadas de licor) e deve ser realizado de maneira controlada para evitar a contaminação e crescimento de microrganismos indesejáveis (FARAH, 2019).

Dependendo do tipo de beneficiamento empregado, a casca e a polpa do fruto podem ser um dos primeiros e principais subprodutos da produção de café (JANISSEN; HUYNH, 2017). Estima-se que para se produzir uma tonelada de sementes de café, cerca de 0.5 toneladas de polpa e 0.2 toneladas de casca sejam produzidas (ROUSSOS et al., 1995). Estes resíduos, se inadequadamente descartados, impactam

negativamente o ecossistema (BEYENE et al., 2012), especialmente os de água doce, para onde os subprodutos do beneficiamento do café normalmente são drenados (AWOKE et al., 2016).

As utilizações dos resíduos coletados durante o processamento e beneficiamento dos frutos do cafeeiro são apontadas como promissoras para diminuição deles. Porém, apresentam fatores limitantes. Por exemplo, a casca e o pergaminho podem ser utilizados na produção de combustível e carvão (VEGRO; CARVALHO; 2014). O uso como adubo orgânico e implementação de rações animais também é viável para a polpa, casca e pergaminho, em quantidade reduzida, devido aos seus teores de cafeína e taninos, com possibilidade de intoxicação dos animais (VEGRO; CARVALHO; 2014), enquanto a mucilagem pode ser utilizada para obtenção de pectina e meio de cultura (DURAN et al., 2016).

Algumas alternativas são propostas para a reutilização desses subprodutos na indústria alimentar (DEL CASTILLO et al., 2019). A polpa do fruto do cafeeiro pode ser usada como fonte potencial de antocianinas para produzir corantes (PRATA; OLIVEIRA, 2007), e como ingrediente para elaboração de farinhas (por exemplo, *CoffeFlour*®, *PectCof*®) que apresentam alto teor de fibras, com diversas possibilidades de inclusão em preparações alimentares, proporcionando notas florais e cítricas e não o gosto amargo, tradicional de café.

Cascas desidratadas (incluindo a polpa) de frutos do cafeeiro têm sido tradicionalmente utilizadas para infusões há séculos, em diversos países, sendo conhecidas como "*sultana*" na Bolívia, "*hashara*" na Etiópia, "*qishr*" no Iêmen (DEL CASTILLO et al., 2019). Nestes locais, são adicionados diferentes tipos de especiarias, como canela, gengibre, além de frutas, para tornar a bebida mais aromática. O nome "*cascara"* originou-se em *El Salvador*, onde um produtor de café preparou a bebida a partir do fruto do cafeeiro e a batizou com o nome da palavra casca em espanhol. Mundialmente, esta bebida é conhecida como "*Coffee cherry tea*". Nos métodos de pós-colheita com fermentação, como na produção de *honey coffee*, as cascas são fermentadas junto com os frutos, produzindo diferentes notas aromáticas, frutadas e

adocicadas nas cascas, além das sementes, realçando seu potencial promissor de utilização em infusões e em outras em bebidas. As infusões de cascas e polpas de cafés fermentados tem sido cada vez mais valorizadas por sua riqueza e variedade de atributos sensoriais (STURM, 2020)

As folhas do cafeeiro também são obtidas como subproduto durante a produção, devido ao seu desprendimento natural do cafeeiro ou devido a fatores relacionados às condições climáticas, manejo do cafeicultor, nutrição, irrigação, carga de frutos, ataque de pragas e danos durante a colheita. Em média, anualmente, um cafeeiro apresenta 2600 folhas, variando entre 10 e 15% (RODRIGUEZ et al., 2010; TREVISAN et al., 2016). Estima-se que 3,3 toneladas de folhas por hectare sejam desprezadas durante a colheita do café (MATIELLO et al., 2010) (**Figura 5**). Grande parte do desfolhamento do cafeeiro se dá durante a colheita por derriça, que além da retirada indevida de folhas, pode causar a quebra de galhos e o seu descortiçamento. O índice de desfolhamento é variável, de acordo com o tempo empregado e a frequência de vibração dos braços da derriçadora utilizada (FILGUEIRAS, 2000; SOUZA et al*.,* 2006). Outra importante ação de desfolhamento é a poda do cafeeiro, necessária para renovação dos ramos da planta danificados por condições climáticas, pragas ou doenças e aumentar sua a produtividade, promovendo adequação de sua arquitetura (auxiliando na luminosidade e aeração) e uma relação ideal entre folhas e frutos (20 cm^2 de área foliar por fruto de café) (THOMAZIELLO, 2013).

Geralmente, parte das folhas é utilizada para esparramação sobre o solo da própria lavoura. Esse processo é recomendado, pois auxilia na conservação do solo frente à temperatura e pluviosidade, favorece a manutenção de microrganismos no solo, promove o beneficiamento da lavoura por mineralização dos nutrientes absorvidos e diminui os custos do cafeicultor por reduzir a necessidade de adubos químicos (RODRIGUES et al., 2010). Entretanto, pouco se sabe sobre sua decomposição e limite máximo de utilização em quantidade para evitar desequilíbrio de nutrientes e da microbiota no solo, bem como seus impactos na produtividade da lavoura (SANTOS, 2008). Os microrganismos presentes no solo são de grande importância para a

decomposição de matéria e transformação de nutrientes disponíveis para a lavoura através de processos como a fixação de nitrogênio, oxidação e amonificação (YAN et al., 2015). Assim, é de grande importância avaliar os possíveis impactos da quantidade de compostos presentes na cobertura vegetal disposta para que os compostos bioativos, a exemplo a cafeína (que apresenta ação antimicrobiana), não altere de forma desfavorável a microbiota e as condições do solo. Outra grande preocupação é a chegada de resíduos sólidos agroindustriais e seus compostos a rios e águas subterrâneas (CHAGAS et al., 2012).

Figura 5: Galhos e folhas presentes no solo pós-colheita. Foto: Henrique Anastácio Alves (EMBRAPA, 2015).

Por possuírem grande quantidade de compostos bioativos, o uso das folhas como fitoterápico vem sendo estudado como forma de reaproveitamento, principalmente por meio da comercialização das plantas para infusões. Existem ainda relatos de sua utilização como substituto do tabaco, adubo, fungicida orgânico e como componente da alimentação animal (CHEN, 2018). Porém, apesar de todo potencial desses subprodutos, atualmente, durante a colheita dos frutos, a maior parte deste material é descartado (TREVISAN et al., 2016).

2.4. CONSTITUINTES QUÍMICOS E POTENCIAL BIOATIVO

A **Tabela 1** apresenta os compostos majoritários presentes nas sementes de café arabica e conilon ou robusta, como é chamado internacionalmente, evidenciando a diferença em relação à composição química, que se reflete, após a torrefação, na composição volátil e não volátil das bebidas

Tabela 1: Compostos majoritários presentes nas sementes cruas de *Coffea arabica* e *Coffea canephora.*

Teores (g/100g – base seca)	*Coffea arabica*	*Coffea canephora*
Carboidratos		
Oligossacarídeos	6.0-11.0	3.0-7.0
Açúcares redutores (glicose, frutose, galactose)	0.1-0.5	0.4-0.5
Polissacarídeos	34.0-44.0	48.0-55.0
Lignina	3.0	3.0
Pectina	2.0	2.0
Compostos nitrogenados		
Proteína	8.5-12.0	8.5-12.0
Aminoácidos livres	0.2-0.8	0.2-1.0
Cafeína	0.9-1.3	1.5-2.5
Trigonelina	0.6-1.2	0.3-0.9
Lipídios		
Triglicerídeos/esteróis/tocoferóis	15.0-18.0	7.0-12.0
Diterpenos	0.5-1.2	0.2-0.8
Compostos fenólicos		
Ácidos clorogênicos	3.7-9.2	6.1-12.1
Minerais	3.0-5.4	3.0-5.4

Fonte: Farah, 2019.

A composição química da bebida do café (**Tabela 2**) pode variar não somente com a composição da matéria prima utilizada, o que inclui a espécie e métodos de

cultivo, colheita e pós-colheita, mas também com o grau de torrefação, moagem e método de preparo.

Tabela 2: Composição química média da bebida das espécies *Coffea arabica* e *Coffea canephora.*

Teores em *blends* de *C. arabica* e *C. canephora* (mg/100 mL)	
Macronutrientes	
Água	94-98,5
Açúcares simples	0-100
Proteínas	120-400
Lipídios	180-400
Fibras solúveis	200-700
Ácidos alifáticos e quínicos	692-2140
Micronutrientes	
Vitaminas	
Tiamina	0,001
Niacina	8-10
Piridoxina	0,002
Ácido fólico	1,0
Vitamina C	0,2
Vitamina E	0,01
Vitamina K	0,1
Minerais	
Potássio	115-320
Sódio	1-14
Cálcio	2-4
Fósforo	3-7
Compostos bioativos	
Cafeína	50-380
Trigonelina	12-50
Diterpenos	0,2-1,5 (filtradas) 2,6-10 (não filtradas)
Ácidos clorogênicos	32-500

Fonte: adaptado de FARAH, 2017.

Atualmente, sabe-se que o consumo regular da bebida de café pode reduzir a incidência de uma série de doenças (FARAH, 2017). Estes benefícios estão relacionados com a presença e os teores de compostos bioativos na bebida (CAPRIOLI

et al., 2015) (**Tabela 2**). Apesar da semente ser alvo maior de estudos científicos e consumo, crescente atenção tem sido dada aos subprodutos do beneficiamento, tais como folhas e cascas de frutos do cafeeiro. Embora consumidas como infusões em diversos países, o consumo ainda é negligenciado no Ocidente, incluindo o Brasil, país que desconhece as características bioativas e o potencial de valorização e utilização de outras partes do cafeeiro diferentes da semente.

Ao avaliar a aceitação e intenção de compra, e caracterizar as infusões de folhas de café, dePaula (2020) apontou através da análise de resultados sensoriais resultados promissores para seu consumo e comercialização. Blends de folhas de café comercializadas no Brasil e no Canadá com as folhas de mate tostado se destacaram. Estas infusões destacaram-se também como fontes de compostos bioativos, devido aos seus altos teores de ácidos clorogênicos e cafeína, bem como alta capacidade antioxidante total.

Entretanto, existem relativamente poucos trabalhos científicos que se propuseram a realizar experimentos controlados, a fim de avaliar as propriedades bioativas das folhas e cascas de frutos do cafeeiro, seus extratos ou infusões. Maior atenção para o potencial das folhas do cafeeiro foi dada apenas a partir de 2012, quando pesquisadores franceses e britânicos identificaram diversos compostos bioativos em 23 espécies de folhas do gênero *Coffea* nativas da África e Madagascar (CAMPA et al., 2012).

Por meio da análise de estudos etinobotânicos, observa-se que, em algumas culturas, especialmente no continente Africano e na América Central, a infusão das folhas de cafeeiro é preparada a partir de folhas secas da espécie *Coffea arabica*, de forma semelhante ao chá de *Camelia sinensis,* e que seu uso como infusão é comum há cerca de três a quatro séculos (GIDAY et al., 2010). Essas infusões têm sido tradicionalmente utilizadas na prevenção e tratamento de diversas comorbidades, como por exemplo, diarreia e dores intestinais. Em Kamuli, Sembabule, Kabale e Gulu, Uganda, elas são utilizadas para controle do vírus da Imunodeficiência Humana (LAMORDE et al., 2010); na Nicarágua, são utilizadas para tratar dores de cabeça e

dores de estômago; no México, para controlar a febre e estimular a produção de prolactina, e no Peru, como supressora de tosse (ROSS, 2005).

A utilização por diferentes culturas no tratamento e prevenção de diversas doenças ocorre devido ao elevado teor de compostos bioativos nessas matrizes. Muitos desses compostos, como alcaloides, ácidos fenólicos, flavonoides, xantonas, fitoesteróis, terpenos, taninos e carotenoides estão também presentes em outras partes do cafeeiro, como cascas e polpa dos frutos (CAMPA et al., 2012) (Tabela 3).

Tabela 3: Principais compostos bioativos identificados em sementes, folhas, e casca e polpa de frutos do cafeeiro por diferentes autores.

Compostos bioativos	Sementes[1]	Folhas[2]	Cascas e polpas de frutos[3]
	Teores (g/100g – base seca)		
Alcaloides			
Trigonelina	0.6 – 1.2	0.2 -1.1	Nr
Cafeína	0.9 – 1.3	0.1 – 1.4	0.3 - 1.8
Ácidos fenólicos	0.01- 0.2	0.001 - 2.0	0.5 - 1.5
Ácidos clorogênicos	3.7 – 9.2	0.2 - 4.4	0.1 -2.5
Flavonoides			
Rutina	Nd	0.05 - 0.3	0.9 - 1.2
Antocianinas	Nd	Nd	1.8-9.3
Xantonas			
Mangiferina e isomangiferina	Nd	0.02 – 1.5	Nd

Nr: não reportado. Nd: não detectado
[1]Teores incluem sementes de *C. arabica* e *C. canephora.* Fonte: Farah, 2019; Farah; dePaula, 2019.
[2] Teores incluem folhas de *C. arabica* e *C. canephora*. Fonte: Campa et al., 2012; Patay et al., 2016; Trevisan et al., 2016; Almeida et al., 2019; Monteiro et al., 2019.
[3] Teores incluem polpa e casca de fruto de *C. arabica.* Fonte: Ramirez-Martinez, 1988; Clifford; Ramirez-Martinez, 1991; Ramirez-Coronel et al., 2004; Heeger et al., 2017; Iriond-DeHond et al., 2019.

Os teores destes compostos bioativos variam de acordo com a espécie analisada, além de outros fatores como a idade e maturação da planta - plantas jovens apresentam maiores quantidades de compostos fenólicos totais em comparação às

folhas adultas (LAVIOLA, 2007). Podem variar, ainda, com as diferentes cultivares, região de cultivo, condição do solo e incidência de luz solar, sendo a maior incidência de raios solares e calor inversamente proporcional ao quantitativo de compostos fenólicos (SALGADO et al., 2008; SOUARD et al., 2018).

Cafeína

A cafeína (1,3,7-trimetilxantina) (**Figura 6**) é um composto orgânico heterocíclico com uma base purina denominada xantina, composta por um anel pirimidina ligado a um anel imidazol (TARKA; HURST, 1998). É conhecido como um alcalóide porque é um metabólito secundário derivado de nucleotídeos de purina, com um átomo de nitrogênio heterocíclico (definição de alcalóide verdadeiro) (ZULAK et al., 2006). Porém, por não possuir a incorporação de um aminoácido em sua biossíntese, alguns autores o denominam de pseudo-alcalóide (TARKA; HURST, 1998).

A cafeína é a metilxantina mais abundante nos alimentos (PAUWELS, 2001). Está presente em quase 100 espécies do reino vegetal (ASHIHARA; CROZIER, 1999). Embora as espécies de *Coffea* sejam as principais fontes, é abundante nas folhas *de Camelia sinensis*, erva-mate (*Ilex paraguariensis*), coca (*Erythroxylon coca*) e folhas de *Coffea*, nas sementes de cacau (*Theobroma cacao*), guaraná (*Paulinia cupana*) e na cola (*Cola sp*.) (CHOW; BENOWITZ, 1994). Também é encontrada em diversas bebidas não alcoólicas comerciais, pós, cápsulas e em associação com princípios ativos terapêuticos (PAUWELS, 2001).

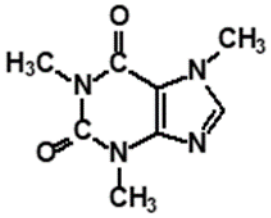

Figura 6: Estrutura química da cafeína (dePaula; Farah, 2019).

O fator genético é o principal determinante para a variação do teor de cafeína nas sementes de café verde, especialmente entre as espécies e, em menor grau, entre as variedades (MAZZAFERA; CARVALHO, 1992). O efeito do meio ambiente, práticas agrícolas, incluindo o uso de fertilizantes e processamento pós-colheita sobre os teores de cafeína parece ser menos importante do que os aspectos genéticos, exceto no caso do processamento secundário, como a descafeinação (DUARTE, PEREIRA; FARAH, 2010).

Os teores de cafeína relatados para sementes verdes de *Coffea arabica* variam na literatura entre 0,7 e 1,7 g/100g (base seca), enquanto os teores para *Coffea canephora* variam entre 1,4 e 3,3 g/100g (base seca) (dePAULA; FARAH, 2019). No entanto, os valores comumente observados estão em uma faixa mais estreita, entre 1,0 e 1,2 g/100g para *Coffea arabica* e entre 1,7 e 2,1 g/100g para *Coffea canephora* (de PAULA; FARAH, 2019). Em geral, as sementes de *Coffea canephora* contêm 40-70% mais cafeína do que as espécies de *Coffea arabica* (FARAH, 2012; BURDAN, 2015), que apresenta composição mais homogênea independentemente de sua origem geográfica, devido à baixa diversidade genética característica da espécie (ALONSO-SALCES et al., 2009), enquanto maior variabilidade é observada em sementes de *Coffea canephora* (CAMPA et al., 2005). Os menores teores de cafeína nas plantas de *Coffea arabica* as torna mais vulneráveis a fitopatógenos, bem como ao estresse biológico e mecânico, do que as plantas de *Coffea canephora* (FUJIMORI; ASHIHARA, 1994)

Após sua absorção, a cafeína exerce diversas ações fisiológicas a nível central e periférico (MecLELLAN et al., 2016). Esses efeitos estão predominantemente relacionados à sua atividade antagônica nos receptores de adenosina, que são amplamente distribuídos por todo o corpo. Dos quatro receptores de adenosina (A1, A2A, A2B e A3), a cafeína atua principalmente como antagonista dos receptores A1 e A2A, que são expressos no Sistema Nervoso Central (SNC) (WATSON et al., 2003). Consequentemente, ela aumenta as respostas dos receptores dopaminérgicos e a liberação de vários neurotransmissores, como norepinefrina, dopamina e serotonina, estimulando propriedades psicomotoras e melhorando as funções comportamentais, como humor e bem-estar (OLSON et al., 2010), sensação de energia e efeitos relacionados ao estado de alerta, foco e atenção mental (NEHLIG, 2010). Estes são os efeitos agudos mais conhecidos do consumo de cafeína (NEHLIG, 2016). No entanto, ao longo dos últimos anos, vários estudos epidemiológicos têm associado o consumo moderado de café com a redução do risco de desenvolvimento de doenças crônico-neurodegenerativas (*Parkinson* e *Alzheimer*) e morte (GROSSO et al., 2017). A cafeína é um dos compostos responsáveis por muitos desses benefícios por mecanismos que envolvem atividades antioxidantes e anti-inflamatórias, entre outras.

É importante ressaltar a necessidade de atenção para o alto consumo de cafeína, especialmente em indivíduos que apresentam maior sensibilidade aos seus efeitos estimulantes, podendo apresentar ansiedade, insônia, taquicardia, arritmia, náusea, distúrbios gastrointestinais, renais e hepáticos. (ALVES et al., 2009).

Ácidos clorogênicos

Os ácidos clorogênicos (CGA) são os principais compostos fenólicos em sementes de café. Apesar da grande distribuição de alguns CGA no reino vegetal, o café verde é conhecido como uma das principais fontes alimentares desses compostos, com teores sendo igualados ou superados apenas pelas folhas verdes de *Ilex paraguariensis* (erva-mate) (MARQUES; FARAH, 2009). Esta família de compostos

inclui diferentes moléculas formadas pela esterificação de uma molécula de ácido (-)-quínico e uma a três moléculas de ácidos *trans*-hidroxicinâmicos (ácidos *trans*-fenil-3-propenóico, com diferentes substituições no anel aromático). Os ácidos *trans*-hidroxicinâmicos são os metabólitos vegetais secundários mais relevantes na dieta humana (WILLIAMSON; CLIFFORD, 2017). O ácido cafeico (ácido 3,4-dihidroxicinâmico) é o mais abundante no café, seguido pelo ácido ferúlico (ácido 3-metoxi-4-hidroxicinâmico) e ácido *p*-cumárico (ácido 4-hidroxi-cinâmico). Após a esterificação, as principais classes de CGA encontradas em sementes de *Coffea arabica* e *Coffea canephora* são os ácidos cafeoilquínico (CQA), ácidos dicafeoilquínico (diCQA), ácidos feruloilquínico (FQA) e ácidos *p*-coumaroilquínico (*p*-CoQA), com pelo menos três isômeros principais cada, e ácidos cafeoil-feruloil-quínico (CFQA), com seis isômeros (FARAH; LIMA, 2019) (**Figura 7**).

Diversos CGA minoritários e compostos relacionados foram identificados em sementes verdes de *Coffea arabica* e *Coffea canephora*. Juntos, eles correspondem a menos de 1% do conteúdo total de compostos fenólicos (FARAH; LIMA, 2019). Eles incluem ácidos acil dicafeoilquínico, dimetoxicinamoilquínico, cafeoil-dimetoxicinamoilquínico, diferuloilquínico, feruloil-dimetoxicinamoilquínico, sinapoilquínico, sinapoil-cafeoilquinico e outros compostos menores contendo ácido *p*-cumárico (CLIFFORD et al., 2005; 2006; JAISWAL et al., 2010).

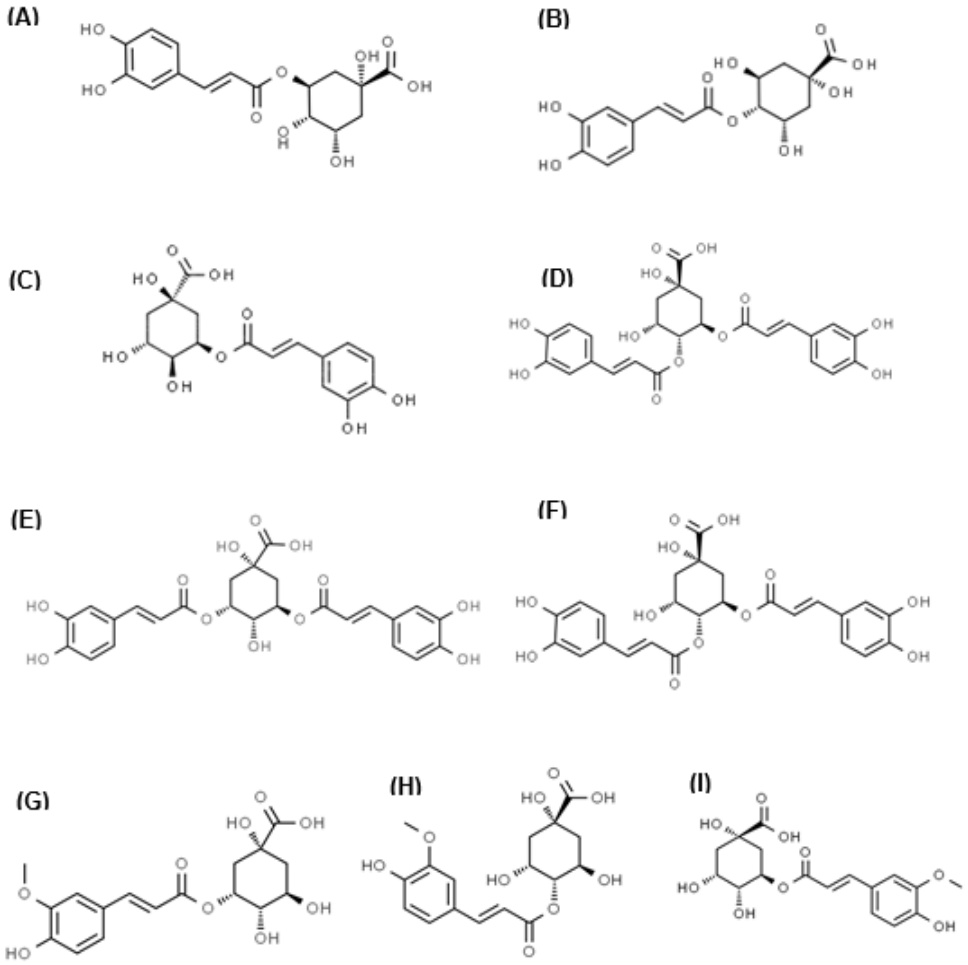

Figura 7: Ácidos clorogênicos majoritários. (A) ácido 3-cafeoilquínico, (B) ácido 4-cafeoilquínico, (C) ácido 5-cafeoilquínico, (D) ácido 3,4-dicafeoilquínico, (E) ácido 3,5-dicafeoilquínico, (F) ácido 4,5-dicafeoilquínico, (G) ácido 3-feruloilquínico, (H) ácido 4-feruloilquínico e (I) ácido 5-feruloilquínico. Fonte: Trevisan *et al.,* 2019.

Os teores de CGA nas sementes de café verde podem variar de acordo com a genética - espécie e cultivar, grau de maturação, práticas agrícolas, clima e solo (FARAH; DONANGELO, 2006; FARAH, 2012). Os valores relatados na literatura para CGA em sementes de café verde (em base seca) variam de cerca de 2.1 a 7.8 g/100g para *Coffea arabica*, sendo 4.0 – 6.0 g/100g a faixa mais comum. Para *Coffea*

canephora, embora existam relatos de teores de 14.4 g/100g, 7.0-8.0 g/100g são os teores mais usuais (FARAH; LIMA, 2019).

O café verde é seguro para consumo humano. Devido à sua elevada atividade, seu extrato aquoso seco tem sido usado como nutracêutico (23-40 g CGA /100g) (FARAH et al., 2008; FARAH; LIMA, 2019) ou para formular produtos como *blend* de café solúvel verde e torrado (4.6-6,7 g CGA/100g) (FARAH; DUARTE, 2015; FARAH; LIMA, 2019).

Embora a composição química e as propriedades bioativas das sementes de *Coffea arabica* e *Coffea canephora* sejam extensivamente investigadas devido à importância econômica e aos atributos de qualidade associados à bebida do café, poucas pesquisas têm sido realizadas para estudar outras partes do cafeeiro, consideradas como subprodutos como as folhas e cascas de frutos, por exemplo. As sementes e essas outras partes do cafeeiro tendem a conter basicamente as mesmas classes de compostos bioativos, embora em proporções diferentes, sendo os CGA os mais abundantes. Nas folhas do cafeeiro, compostos adicionais incluem xantonas e flavonoides. Estes últimos também são identificados nas cascas e polpas dos frutos.

Os CGA são os principais compostos fenólicos presentes nas folhas do cafeeiro (CHEN; 2018; MONTEIRO et al., 2019; TREVISAN et al., 2019; de PAULA, 2020). Outros compostos incluem flavonoides (rutina glicosídeo, quercetina-3-*O*-glicosídeo e kaempferol-3-*O*-rhamnoglucosídeo) e xantonas (mangiferina e isomangiferina) (de ALMEIDA et al., 2019). O principal flavonoide é a rutina, em teores superiores aos relatados no chá preto de Camellia sinensis (JIANG et al., 2015; de ALMEIDA et al., 2019). A mangiferina (1, 3, 6, 7-tetrahidroxioxantona-C2-ß-glucosídeo) é a principal xantona presente em folhas do cafeeiro (TREVISAN et al., 2019) e a isomangiferina é um isômero estrutural da mangiferina, diferindo apenas na posição da fração glicosídica (deBEER; JOUBER, 2010). Esses compostos são encontrados em muitas espécies de plantas, em particular *Cyclopia genistoides* e *Cyclopia subternata* (de deBEER; JOUBER, 2010), populares para a preparação de uma infusão medicinal conhecida como “arbusto de mel”, embora tenha sido observada pela primeira vez em frutas e

cascas de manga, em 1922. Nas folhas do café, a mangiferina foi descoberta recentemente, tendo sido isolada pela primeira vez em 2008 (TALAMOND et al., 2008). Este composto bioativo é identificado em folhas de diferentes espécies do gênero *Coffea* (exceto na espécie *Coffea canephora*) (CAMPA et al., 2012).

Outros flavonoides minoritários (catequina, epicatequina, pigalocatequina galato, epicatequina galato), antocianinas (delfinidina 3,5-diglucosídeo e delfinidina 3- (600-malonil-glucosídeo)), flavonóis (miricetina) e flavonas (luteolina, apigenina) foram relatados em folhas de *Coffea* (CHEN, 2018). Ácidos hidroxicinâmicos livres (ácidos benzóico, 3-OH-benzóico, cafeico, *p*-cumárico, ferúlico, sinápico e protocatecuico) foram observados em extratos metanólicos e etanólicos de folhas de *Coffea* (PATAY et al, 2016; CHEN, 2018).

Nas cascas de frutos do cafeeiro, os CGA também se destacam como os principais compostos fenólicos (MURTHY; NAIDU, 2012; MULLEN et al., 2013, de PAULA, 2020). Outros compostos incluem procianidinas, flavonóis (rutina, quercetina e kaempferol) e flavonóis (catequina e epicatequina) (MULLEN et al., 2013; REBOLLO-HERNANZ et al., 2019). Os ácidos hidroxibenzóico (ácidos gálico, síngico e vanílico) e ácidos hidroxicinâmicos (ácido cafeico, *p*-cumárico e ferúlico) foram identificados em extratos aquosos de casca de frutos de *Coffea arabica* (REBOLLO-HERNANZ et al., 2019).

Os efeitos benéficos do consumo do café podem ser atribuídos à ação conjunta de muitos compostos bioativos (FARAH, 2019). É provável que a maior parte das contribuições para diminuir o risco de certas doenças seja causada por efeitos sinérgicos ou aditivos dos vários compostos presentes no café (FARAH, 2017). No entanto, estudos *in vitro* e em animais relacionaram certos compostos a mecanismos específicos. Como os CGA são os principais compostos fenólicos do cafeeiro (FARAH; DONANGELO, 2006; TREVISAN et al., 2019; IRIONDO-DEHOND et al., 2019), eles são responsáveis pela maior parte da capacidade antioxidante do café e de seus subprodutos, observados em estudos *in vitro* e *in vivo* (LIANG; KITTS, 2016; TAJIK et al., 2017). Também são referidos como poderosos compostos anti-inflamatórios

(TORRES; FARAH, 2016; NAVEED et al., 2018), agindo por meio de mecanismos que envolvem transdução de sinal (LI et al., 2012; HAN et al., 2017). Como consequência dessas duas propriedades principais, os CGA desempenham papéis importantes na redução do risco relativo de desenvolvimento de uma série de doenças, por exemplo, diabetes *mellitus* tipo 2 (YAN et al., 2020), doenças hepáticas (SHI et al., 2016), alguns tipos de câncer (BULDAK et al., 2018) e outras doenças crônico-degenerativas (SOCALA et al., 2020), bem como o risco de morte (GROSSO et al., 2017).

Atualmente, o potencial bioativo e farmacêutico de todos dos compostos citados têm sido extensivamente demonstrados e continuam a atrair muita atenção (ALMEIDA et al., 2006). Entretanto, relata-se que a utilização de compostos isolados apresenta menor eficácia em comparação ao uso de misturas brutas, sugerindo o sinergismo entre os diferentes compostos (MASIBO et al., 2018). Nesse cenário, a utilização de subprodutos da lavoura de café se apresenta como fontes alternativas naturais para extração de compostos bioativos que podem ser utilizados na indústria farmacêutica e de alimentos.

2.5. DESENVOLVIMENTO DE NOVOS GENÓTIPOS E PERSPECTIVAS PARA A ESPÉCIE *COFFEA CANEPHORA*

Dentro de uma mesma espécie, naturalmente são geradas, ao longo do tempo, variedades com diferentes características e alguns atributos de maior interesse, como por exemplo, cor e sabor do fruto, ausência de espinhos na planta, resistência ao calor, entre outros, que são preferíveis em detrimento dos demais de menor serventia. A seleção e o sucessivo plantio de plantas benéficas ao ser humano ocorrem desde os povos mais antigos. Esta seleção de plantas com características mais atrativas é propagada por meio de seu cultivo. Esta é a primeira forma de melhoramento vegetal realizada pelo homem, dando origem às nomeadas variedades cultivadas, ou cultivares (BORÉM; MILACH, 1998).

Uma cultivar é definida por apresentar denominação própria e características fenotípicas diferenciáveis das demais plantas de sua espécie, sendo estas características adicionadas ou alteradas pelo melhoramento genético humano, e replicáveis por gerações sucessivas (BRASIL, 2007). Existem diversas formas de implementar o desenvolvimento de cultivares, podendo ser realizada de forma tradicional por meio da triagem de variedades pela simples observação de suas características fenotípicas, como explicado acima, ou a partir de métodos avançados tecnologicamente, como por exemplo, por meio da análise de marcadores moleculares com associações genéticas para estas características (RESENDE et al., 2008).

A espécie *Coffea canephora* é caracterizada por possuir células diploides (2n = 2), 22 cromossomos, e sua reprodução ocorre por alogamia ou polinização cruzada, contando com a participação de dois gametas. Essas características são observadas na maior parte das espécies do gênero *Coffea,* com exceção para a espécie *Coffea arabica*, que é tetraploide (2n = 4), possui 44 cromossomos, e é capaz de realizar autopolinização (COVRE et al., 2013; CHARR et al., 2020).

A autoincompatibilidade reprodutiva da espécie *Coffea canephora*, e consequente incapacidade de autofecundação ou polinização entre cafeeiros com organização de gametas reprodutivos semelhantes, acarreta maior variabilidade genética. Esta maior variedade ocasiona maior diversidade de características disponíveis, o que torna a produção heterogênea, ou seja, com baixa padronização de características importantes para a produção e comercialização como época de maturação dos frutos, formato, tamanho das sementes, resistência a pragas e variações climáticas (CARVALHO et al., 1991). Essas diferentes características possibilitam a seleção de genótipos para diferentes finalidades de cultivo (GILES et al., 2018; GILES et al., 2019; MARTINS et al., 2019; DUBBERSTEIN et al., 2020).

Dessa forma, o método de propagação clonal por estaquia, por manter as características genéticas da planta matriz, mostra-se como a melhor forma de selecionar plantas com genótipos semelhantes e estabelecer cultivares com maior homogeneização da futura lavoura quanto às suas características físicas e maior

previsibilidade do comportamento da plantação (EMBRAPA, 2002). A maior produtividade em cafeeiros desenvolvidos a partir do método de estaquia também é apontada como uma vantagem, como observado por Partelli e colaboradores (2006) ao compararem o desenvolvimento de mudas de *Coffea canephora* propagadas por estacas e por sementes.

Além da busca por alta produtividade, frente à crescente procura e apreciação por produtos de maior qualidade sensorial e maior teor de compostos bioativos, atualmente, são realizadas pesquisas a fim de selecionar plantas que forneçam bebidas que apresentem essas características a fim de elevar a aceitação e valorização do produto final, por meio de implementação de técnicas de manejo do plantio e de pós-colheita de cultivares de café conilon (PEREIRA et al., 2018).

Aliados ao aperfeiçoamento de novas cultivares, o método de processamento, uso de microrganismos no pós-colheita e busca pelo conhecimento do perfil químico e sensorial, são ações inovadoras e de grande importância para a ascensão da qualidade do café conilon e sua valorização junto ao mercado consumidor.

3. JUSTIFICATIVA

Mundialmente, o Brasil se apresenta como o principal país produtor e exportador, e o segundo maior consumidor de café, com destaque para *Coffea arabica* e *Coffea canephora*. Embora *Coffea arabica* seja globalmente mais valorizada e apreciada, a seleção de genótipos, novas tecnologias, métodos de cultivo e pós-colheita empregados na produção de *Coffea canephora* têm provocado mudanças significativas, tanto na produtividade, quanto na qualidade das sementes dessa espécie.

À medida que aumenta a produção das sementes de café conilon no Brasil, aumentam também a geração de subprodutos, como as folhas, frequentemente desperdiçadas no momento da colheita, e outros, originados do beneficiamento dos frutos, como as cascas, por exemplo, que, se inadequadamente descartadas, causam

problemas ambientais. Apesar do reconhecimento do valor e da necessidade do reaproveitamento dos subprodutos da cadeia de cultivo do café, são raras as pesquisas que tenham investigado sua composição bioativa, especialmente da espécie *C. canephora.* Embora as folhas de *C. canephora* não contenham mangiferina, que desempenha atividade anticancerígena significativa *in vitro*, elas apresentam outros compostos bioativos que desempenham efeitos benéficos à saúde, como a cafeína e os CGA (MONDOLOT et al., 2006; CAMPA et al., 2012). O mesmo pode ser dito para as cascas e polpa dos frutos.

Por essa razão, é fundamental explorar os teores de compostos bioativos de novos genótipos de *C. canephora* para seleção de cultivares e elucidar a relação entre a composição bioativa das sementes, folhas e cascas de frutos, bem como sua variabilidade ao longo de diferentes safras. O conhecimento da composição de todas as partes do cafeeiro também é importante para seu aprovetamento integral, seja para o direto consumo humano na forma de infusões ou por meio da produção de produtos alimentícios, nutracêuticos ou fármacos tradicionais. O aproveitamento integral é uma ação sustentável para redução de desperdícios e prejuízos ambientais gerados pelo beneficiamento do café e, portanto, deve ser encorajado.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GERAL

- Avaliar os teores de cafeína e ácidos clorogênicos em sementes, cascas de frutos e folhas de novos genótipos de *Coffea canephora*, provenientes de safras consecutivas, correlacionando-os, e selecionar genótipos para registro de cultivares de interesse para a saúde.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar os teores de cafeína e ácidos clorogênicos em sementes, cascas de frutos e folhas de novos genótipos de *Coffea canephora*;

- Comparar e correlacionar os teores dos compostos avaliados nas diferentes partes das plantas;

- Selecionar genótipos com potencial bioativo promissor para registro de novas cultivares com foco em saúde.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 DESENHO EXPERIMENTAL

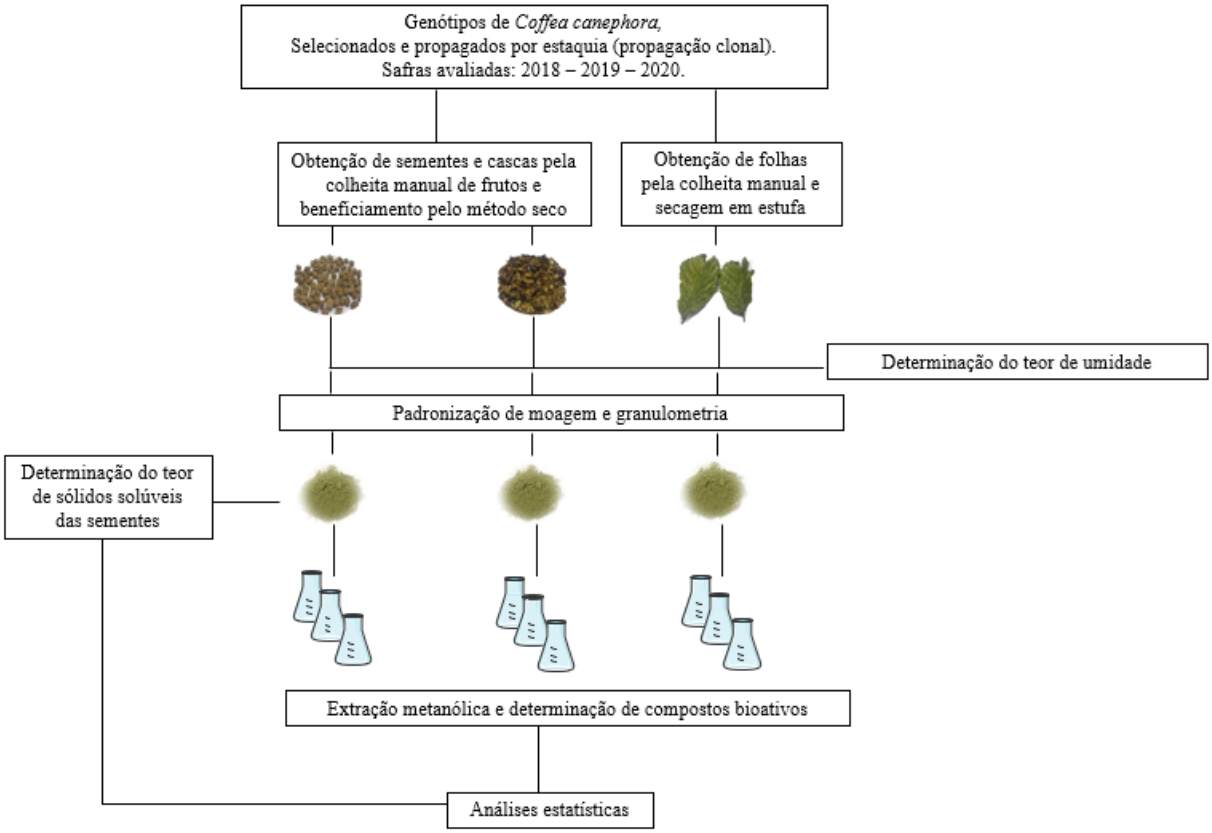

Figura 8: Desenho experimental esquematizado.

5.2 OBTENÇÃO DAS AMOSTRAS

Este projeto faz parte de um projeto maior, da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), no qual plantas promissoras de C. *canephora* (café conilon) (*n* = 42) foram selecionadas por diferentes cafeicultores com base na produtividade e na qualidade de bebida. Os genótipos foram replicados vegetativamente por estaquia (propagação clonal) e cultivados em uma área experimental num “ensaio de competição” para seleção de alto potencial de rendimento e características

agronômicas e bioativas de interesse (**Tabela 4** e **Figura 9**). As partes das plantas avaliadas incluem sementes, cascas/polpas de frutos e folhas.

Figura 9: Sementes (A), cascas de frutos (B) e folhas (C) de novos genótipos (*n* = 42) de *C. canephora* originados da variedade conilon, provenientes de três safras consecutivas (2018, 2019 e 2020).

Tabela 4: Identificação dos novos genótipos (*n* = 42) de *C. canephora* originados da variedade conilon, provenientes de três safras consecutivas (2018, 2019 e 2020).

Genótipo	Nome	Genótipo	Nome	Genótipo	Nome
1	Verdim R	**15**	Bamburral	**29**	Tardio C
2	B01	**16**	Pirata	**30**	A1
3	Bicudo	**17**	Peneirão	**31**	Cheique
4	Alecrim	**18**	Z39	**32**	P2
5	700	**19**	Z35	**33**	Emcapa 02
6	CH1	**20**	Z40	**34**	Emcapa 153
7	Imbigudinho	**21**	Z29	**35**	P1
8	AT	**22**	Z38	**36**	LB1
9	Graudão HP	**23**	Z18	**37**	122
10	Valcir P	**24**	Z37	**38**	Verdim D
11	Beira Rio 8	**25**	Z21	**39**	Emcapa 143
12	Tardio V	**26**	Z36	**40**	Ouro negro 1
13	AP	**27**	Ouro Negro	**41**	Ouro negro 2
14	L80	**28**	18	**42**	Clementino

O experimento foi estabelecido em abril de 2014, no espaçamento de 3,0 x 1,0 m, totalizando 3.333,3 plantas ha^{-1}, instalado em uma propriedade particular no município de Nova Venécia, Espírito Santo, Brasil, localizada em latitude 18º 39' 43" sul e longitude 40º 25' 52" oeste, em altitude de 199 metros e relevo plano. Segundo a classificação de Köppen, o clima regional é Aw tropical, com inverno seco e verão chuvoso (ALVARES et al., 2013). Em geral, a temperatura média das mínimas é acima de 16 °C (meses de julho e/ou agosto) e média das máximas de até 32 °C (meses de janeiro e/ou fevereiro). Eventualmente, há dias com temperatura inferior a 13 °C ou superior a 36 °C (**Figura 10**). As amostras para análise foram colhidas quando as plantas completaram 4, 5 e 6 anos (safras de 2018, 2019 e 2020).

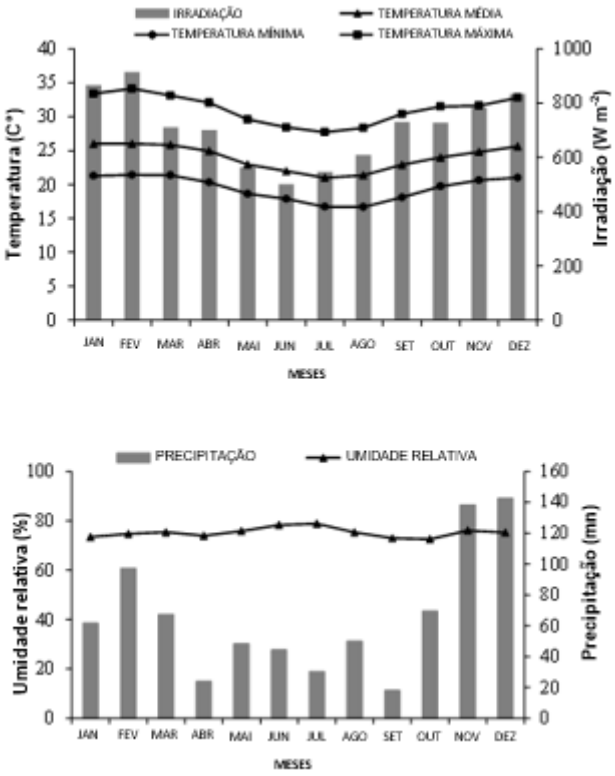

Figura 10: Valores médios de radiação solar e temperatura mínima do ar (A) e umidade relativa do ar e precipitação (B) em seis estações de crescimento (2014, 2015, 2016, 2017, 2018 e 2019), registrados na estação meteorológica de Nova Venécia - ES.

O delineamento utilizado para o plantio dos genótipos foi de blocos casualizados, com três repetições de campo, sendo cada repetição composta por sete plantas. Foram realizadas adubações conforme a análise de solo e podas para controle de ramos excessivos, mantendo o padrão de 12.000 a 15.000 hastes por hectare. Em todos os anos experimentais foram realizadas uma capina manual (trilhar no local de adubação), uma capina mecanizada e uma capina química. Foram aplicados nutrientes, inseticidas e fungicidas, durante os anos de estudo, para todos os genótipos igualmente, em quantidades controladas, quando necessário. A área experimental foi irrigada durante todos os anos, com sistema de irrigação por gotejamento.

Os frutos dos cafeeiros foram colhidos manualmente em seu estádio ideal de maturação ("ponto de cereja"), no período da manhã. Em seguida, foram processados pelo método seco, em estufa de circulação forçada (*ShelLab*®, SMO14-2) a 50 °C, durante 7 dias. Posteriormente, os frutos foram pilados, e as cascas e sementes (sem defeitos) foram separadas.

Em relação às folhas, amostras adultas (terceiro par de folhas) foram colhidas manualmente e secas em estufa de circulação forçada (50 °C) durante 2 dias. As condições de cultivo e processamento pós-colheita foram as mesmas nas três safras.

Durante os anos de avaliação, foi verificada a boa adaptação dos genótipos às condições de cultivo, dado seu bom desempenho em crescimento e produção. Não foi verificado ataque severo das principais pragas e doenças, e as plantas mantiveram-se vigorosas e com bom enfolhamento.

5.3 TEOR DE UMIDADE

Um grama de cada amostra foi destinado para avaliação do teor de umidade, utilizando o analisador de umidade *Moisture Analyser* MX-50 (A&D *Company*, Japão). Os resultados foram expressos em percentual (%).

5.4 SÓLIDOS SOLÚVEIS DAS SEMENTES

Extratos de sementes de café conilon foram preparados a 10% (peso de café para volume de água). Em seguida, foram filtrados em papel Whatman número 1. Sólidos solúveis foram determinados em refratômetro digital (Atago, PAL-1, Japão), conforme adaptação do método nº 15.034 da AOAC (1997). Os resultados foram expressos em °Brix.

5.5 EXTRAÇÃO METANÓLICA DOS COMPOSTOS BIOATIVOS

As amostras foram moídas utilizando moedor de laboratório (IKA, A11 *Basic*, Alemanha) e em seguida, peneiradas em peneira de 500mm. Posteriormente, foram armazenadas em frascos de vidro e mantidas em freezer sob temperatura de -17°C. 0.2g de sementes e 0.5g de folhas e cascas de frutos, foram extraídos, em triplicatas, utilizando metanol 40%, sob agitação (Labnet, *Orbit 1000*, Estados Unidos) a 300 rotações por minuto – rpm, durante 15 minutos, à temperatura ambiente, de acordo com o método adaptado de Trugo e Macrae (1984), descrito em detalhes em Farah *et al.* (2006). A mistura foi filtrada utilizando papel *Whatman* número 1; os extratos foram clarificados, com precipitação de proteínas e outros compostos de elevado peso molecular, utilizando 1% de cada solução de Carrez (Carrez I [K2Fe(CN)6 - 0,3 M] e Carrez II [Zn(OAc)2 - 1,0 M). Após agitação e 10 minutos em repouso, o precipitado foi novamente filtrado em papel *Whatman* número 1, e diretamente utilizado para análise cromatográfica.

5.6 PADRÕES DE COMPOSTOS BIOATIVOS

Padrões de cafeína, 5-CQA e ácidos fenólicos (cafeico, ferúlico, *p*-cumárico, benzoico, gálico, 3,4-dihidroxibenzóico) foram adquiridos da Sigma-Aldrich (St Louis, MO, Estados Unidos). Mistura de ácidos 3-CQA e 4-CQA foi preparada a partir de 5-

CQA, usando o método de isomerização de Trugo e Macrae (1984). Para diCQA, mistura de 3,4-diCQA, 3,5-diCQA e 4,5-diCQA (Roth, Karlsruhe, Alemanha) foi utilizada para confirmação dos picos cromatográficos. Para FQA, lactonas de ácidos feruloilquínicos, sintetizadas no *Coffee Research Center* da Universidade de Vanderbilt (EUA), foram convertidas a FQA usando o mesmo método de isomerização para obtenção de 3-CQA e 4-CQA (FARAH et al., 2005). O presente trabalho utilizou o sistema de numeração da União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC, 1976) para identificação dos isômeros de CGA.

5.7 ANÁLISE DE COMPOSTOS BIOATIVOS

Os extratos metanólicos das amostras foram analisados por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC), com detector de feixe de diodos (DAD) – sistema de fase reversa (Shimadzu, LC-10-AD, Japão) e coluna C18 (Phenomenex, 5µm, 250 x 4.6 mm, Estados Unidos). CGA e ácidos fenólicos foram analisados utilizando as seguintes condições cromatográficas: ácido fórmico a 0.3% (eluente A) e metanol 100% (eluente B) como fase móvel, em fluxo de 1mL/min, volume de injeção de 50µL; DAD operando na faixa de 257 a 340 nanômetros (nm) (FARAH et al, 2006; 2007). As informações cromatográficas foram gravadas e integradas no software LC Solution (Shimadzu). Além da identificação por meio de comparação com padrões, os picos cromatográficos foram confirmados pelo espectro ultravioleta/visível (UV/Vis) de cada composto. A quantificação de todos os isômeros de CGA foi realizada utilizando-se a área obtida pelo padrão de 5-CQA, combinada com os respectivos coeficientes de extinção molar dos CGA, como reportado por Ruback (1969) e explicado em detalhes em Farah et al., (2006). A quantificação de todos os demais compostos bioativos foi realizada utilizando a área obtida pelos respectivos padrões. O limite de quantificação para CGA e ácidos fenólicos foi 3 µg/100g nessas condições. Os teores de cafeína foram obtidos por sistema isocrático de HPLC-DAD, operando a 272 nm em condições cromatográficas,

consistindo em coluna C18 (Phenomenex, 5µm, 250 x 4.6 mm) metanol 40%, fluxo de 1mL/min com limite de quantificação de 5µg/100g nessas condições.

5.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados das análises cromatográficas (apresentados em base seca [bs], média ± desvio padrão) foram estatisticamente testados para diferenças e comparações entre as safras e entre os genótipos, utilizando análise de variância (ANOVA), seguida pelo pós-teste de *Tukey*. Correlações de *Pearson's* foram determinadas entre os teores de compostos bioativos das diferentes partes do cafeeiro analisadas. Diferenças foram consideradas quando $p < 0.05$ (*GraphPad Prism*®, versão 8.4.2, Estados Unidos). Também foi utilizada análise multivariada para produção de mapas de calor (Statistica®, versão, 13.3.721, Estados Unidos).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Umidade

A **Tabela 5** apresenta os teores de umidade das folhas, cascas de frutos e sementes dos novos genótipos de *C. canephora* originados da variedade conilon, avaliados no estudo.

Tabela 5: Teor de umidade das diferentes partes (sementes, cascas de frutos e folhas) de novos genótipos de *C. canephora* originados da variedade conilon, provenientes de três safras consecutivas (2018, 2019 e 2020).

	Umidade (%)								
	Sementes			***Cascas de frutos***			***Folhas***		
Genótipo	***Safra 1***	***Safra 2***	***Safra 3***	***Safra 1***	***Safra 2***	***Safra 3***	***Safra 1***	***Safra 2***	***Safra 3***
1	8,9±0,2	8,4±0,2	8,54±0,3	11,2±0,2	11,0±0,2	11,1±0,3	10,1±0,2	9,6±0,1	9,8±0,1
2	8,7±0,2	8,5±0,2	8,6±0,2	10,3±0,2	10,6±0,1	10,6±0,1	10,3±0,1	10,5±0,2	10,2±0,2
3	8,6±0,1	8,4±0,2	8,4±0,1	11,1±0,3	11,0±0,1	10,9±0,3	10,4±0,2	10,1±0,1	10,0±0,2
4	9,0±0,1	8,7±0,2	8,8±0,1	11,1±0,3	10,7±0,0	10,9±0,2	9,9±0,1	9,7±0,1	9,5±0,2
5	9,1±0,0	9,0±0,1	9,2±0,2	11,2±0,3	10,6±0,0	10,5±0,1	10,8±0,1	10,5±0,1	10,1±0,3
6	8,9±0,2	9,0±0,2	8,9±0,1	11,3±0,2	10,7±0,0	10,9±0,2	11,0±0,2	10,3±0,1	10,2±0,2
7	8,7±0,1	9,0±0,3	9,2±0,3	11,2±0,2	11,2±0,1	11,0±0,1	11,0±0,3	10,2±0,1	10,1±0,3
8	8,8±0,1	8,5±0,2	8,7±0,3	11,8±0,2	11,6±0,2	11,4±0,2	10,1±0,2	10,0±0,2	10,5±0,3
9	9,1±0,1	9,2±0,3	9,0±0,2	11,2±0,1	10,4±0,2	10,2±0,2	10,1±0,2	10,0±0,0	9,7±0,4
10	9,2±0,3	9,0±0,1	8,9±0,3	11,2±0,1	10,5±0,2	10,4±0,3	10,4±0,1	10,1±0,0	10,2±0,0
11	8,6±0,1	8,3±0,1	8,5±0,1	11,4±0,1	10,3±0,2	10,2±0,3	10,2±0,1	10,1±0,2	10,0±0,3
12	8,7±0,1	8,4±0,1	8,3±0,1	11,3±0,1	11,3±0,1	11,0±0,2	10,6±0,1	10,8±0,1	10,5±0,2
13	8,8±0,0	8,9±0,1	9,0±0,1	10,8±0,2	11,3±0,2	11,5±0,2	11,1±0,3	10,7±0,1	10,6±0,1
14	8,9±0,0	8,9±0,1	9,2±0,3	11,3±0,2	11,5±0,3	11,1±0,2	10,7±0,3	10,5±0,1	10,5±0,1
15	9,2±0,1	9,0±0,0	9,2±0,0	10,7±0,1	11,3±0,2	11,0±0,3	10,8±0,2	10,9±0,2	11,0±0,1
16	9,5±0,1	9,4±0,3	9,3±0,2	12,7±0,2	12,0±0,2	12,5±0,2	9,9±0,1	10,0±0,0	10,3±0,2

Tabela 5: Continuação

Umidade (%)									
	Sementes			***Cascas de frutos***			***Folhas***		
Genótipos	***Safra 1***	***Safra 2***	***Safra 3***	***Safra 1***	***Safra 2***	***Safra 3***	***Safra 1***	***Safra 2***	***Safra 3***
17	8,4±0,1	8,7±0,1	8,9±0,2	10,7±0,1	11,4±0,2	11,0±0,1	9,9±0,1	10,0±0,1	10,2±0,0
18	8,2±0,1	8,0±0,2	8,4±0,3	11,2±0,1	11,0±0,0	10,9±0,2	9,8±0,1	10,2±0,1	10,1±0,0
19	8,0±0,0	8,2±0,1	8,0±0,4	11,4±0,1	11,0±0,1	11,2±0,3	10,1±0,0	10,4±0,1	10,5±0,3
20	8,5±0,2	8,7±0,1	8,5±0,2	10,9±0,0	10,8±0,1	10,9±0,2	10,5±0,0	10,3±0,1	10,1±0,4
21	8,6±0,2	8,9±0,1	9,0±0,4	10,7±0,0	11,1±0,2	11,0±0,3	11,2±0,0	11,0±0,3	11,1±0,2
22	8,8±0,1	9,1±0,2	9,2±0,3	11,2±0,1	11,7±0,2	11,1±0,4	10,9±0,2	11,0±0,2	11,2±0,1
23	9,2±0,2	9,1±0,1	9,3±0,3	11,3±0,1	11,5±0,2	11,2±0,1	10,5±0,3	10,7±0,2	10,4±0,1
24	8,2±0,1	8,4±0,1	8,5±0,3	11,2±0,1	11,6±0,2	11,4±0,0	10,1±0,2	10,3±0,1	10,3±0,2
25	9,1±0,1	9,1±0,2	9,0±0,4	10,8±0,0	11,3±0,3	11,2±0,04	11,0±0,4	10,7±0,1	11,0±0,2
26	8,3±0,1	8,3±0,1	8,6±0,2	10,7±0,2	11,2±0,2	11,1±0,0	9,8±0,2	10,0±0,0	10,2±0,1
27	8,2±0,1	8,2±0,1	8,3±0,3	12,7±0,2	12,5±0,3	12,2±0,4	9,5±0,2	10,2±0,1	10,3±0,1
28	8,4±0,2	8,4±0,2	8,5±0,4	11,0±0,1	11,3±0,1	11,1±0,3	9,9±0,2	10,2±0,2	10,3±0,2
29	9,0±0,2	9,1±0,3	9,2±0,4	10,8±0,1	11,0±0,1	11,3±0,3	10,3±0,1	10,5±0,1	10,1±0,2
30	8,5±0,1	8,5±0,3	8,3±0,2	13,4±0,2	12,5±0,1	12,3±0,4	10,1±0,1	10,1±0,1	10,2±0,1
31	9,2±0,1	9,0±0,0	9,4±0,2	10,9±0,1	11,1±0,1	10,8±0,2	10,4±0,1	10,4±0,0	10,5±0,0
32	9,3±0,2	9,4±0,4	9,0±0,4	10,6±0,1	10,7±0,1	10,5±0,4	10,6±0,2	10,5±0,1	10,4±0,2
33	8,7±0,0	8,5±0,2	8,4±0,3	10,8±0,2	10,9±0,2	11,1±0,1	10,2±0,2	10,2±0,1	10,1±0,3
34	8,5±0,0	8,6±0,1	8,3±0,3	10,6±0,2	10,4±0,2	10,5±0,3	10,4±0,1	10,4±0,1	10,2±0,1
35	8,2±0,1	8,0±0,2	8,5±0,3	10,9±0,2	11,2±0,1	11,4±0,2	9,8±0,0	10,1±0,1	10,3±0,1
36	8,1±0,0	8,1±0,2	8,5±0,4	10,7±0,1	10,5±0,1	10,3±0,2	10,9±0,1	10,3±0,1	10,4±0,3
37	9,2±0,2	8,7±0,0	9,2±0,3	11,1±0,1	11,6±0,3	11,1±0,2	11,1±0,1	11,0±0,1	11,1±0,2
38	9,2±0,2	9,2±0,3	9,3±0,3	11,1±0,1	11,6±0,3	11,5±0,2	10,9±0,1	11,1±0,1	11,2±0,1
39	8,5±0,2	8,6±0,1	8,5±0,3	10,6±0,1	10,9±0,3	10,5±0,3	10,3±0,1	10,4±0,0	10,4±0,3
40	9,0±0,1	9,2±0,0	9,0±0,4	11,4±0,1	11,5±0,1	11,3±0,0	10,8±0,1	10,7±0,0	10,5±0,3
41	8,4±0,1	8,7±0,1	9,0±0,3	11,3±0,1	11,5±0,1	11,1±0,2	11,0±0,2	10,7±0,1	10,8±0,1
42	8,7±0,1	8,5±0,0	8,8±0,3	12,3±0,2	12,0±0,2	11,7±0,4	11,2±0,2	10,7±0,1	11,0±0,3

Comparando o teor de umidade (%) das três safras, verifica-se que todas as partes do cafeeiro investigadas apresentaram percentuais similares, o que era esperado visto que a secagem foi realizada visando alcançar este percentual. Os resultados do teor de umidade foram utilizados para expressar os teores de compostos bioativos em base seca (bs).

6.2 Sólidos solúveis

A **Tabela 6** e a **Figura 11** apresentam os teores de sólidos solúveis das sementes dos novos genótipos de *C. canephora* originados da variedade conilon, avaliados no estudo. Considerando as três safras, as sementes apresentaram teores de sólidos solúveis variando entre 2,9 e 5,0 ºBrix. Enquanto alguns genótipos apresentaram pequena variabilidade (Coeficiente de Variação – CV%) entre as safras (< 2%), outros apresentaram variabilidade superior a 7%.

O café conilon é conhecido pelos seus elevados teores de sólidos solúveis, sendo essa uma característica muito apreciada pela indústria de café solúvel devido ao maior rendimento, e pela indústria de cafés torrados e moídos, já que o maior teor de sólidos solúveis proporciona maior sensação de corpo (percepção sensorial de densidade) à bebida (AGUIAR et al., 2005). Por esse motivo, é com frequência utilizado para elaboração de *blends* (misturas) com o café arábica. Portanto, a seleção de cultivares com conteúdo elevado de sólidos solúveis é de grande valia para a indústria (MENDONÇA et al., 2005). É importante comentar que após a torrefação os teores de sólidos solúveis podem variar de acordo com o grau torra e granulometria (moagem) das sementes (MENDONÇA et al., 2005).

Como demonstrado na **Tabela 6** e **Figura 11**, alguns genótipos se destacaram em relação aos teores de sólidos solúveis de forma consistente ao longo das 3 safras avaliadas. Nas sementes, teores de destaque variaram entre 4,1 e 5,0 ºBrix, sendo cerca de 10 a 20% superiores aos demais. O potencial de utilização desses genótipos considerados promissores em relação aos teores de sólidos solúveis será explorado mais adiante nesta dissertação.

Tabela 6: Teores de sólidos solúveis (º Brix) das sementes de novos genótipos de *C. canephora* originados da variedade conilon, provenientes de três safras consecutivas (2018, 2019 e 2020).

Genótipo	*Safra 1*	*Safra 2*	*Safra 3*	*Média**	*CV (%)*	Genótipo	*Safra 1*	*Safra 2*	*Safra 3*	*Média**	*CV (%)*
1	3,6±0,2^{a}	3,8±0,1^{a}	3,3±0,2^{b}	3,6±0,3	7,28	**22**	3,9±0,0^{b}	4,0±0,1^{a}	3,5±0,1^{c}	3,8±0,3	6,77
2	4,1±0,1^{b}	4,4±0,1^{a}	4,1±0,1^{b}	4,2±0,2	4,12	**23**	3,8±0,0^{a}	4,1±0,2^{a}	4,1±0,2^{a}	4,0±0,2	4,78
3	4,1±0,1^{a}	4,3±0,0^{a}	3,9±0,2^{b}	4,1±0,3	5,33	**24**	**4,2±0,1^{b}**	**4,6±0,2^{a}**	**4,5±0,1^{a}**	4,5±0,2	4,66
4	4,0±0,0^{a}	4,1±0,1^{a}	3,6±0,2^{b}	3,9±0,3	7,27	**25**	3,9±0,1^{a}	3,8±0,1^{a}	3,9±0,1^{a}	3,9±0,1	1,31
5	3,6±0,1^{a}	3,7±0,0^{a}	3,5±0,2^{a}	3,6±0,1	2,45	**26**	**4,5±0,1^{a}**	**4,4±0,0^{a}**	**4,5±0,1^{a}**	4,5±0,1	1,55
6	3,2±0,0^{b}	3,5±0,1^{a}	3,1±0,1^{b}	3,3±0,2	7,07	**27**	4,0±0,1^{a}	4,2±0,0^{a}	3,9±0,3^{a}	4,1±0,1	3,32
7	3,5±0,1^{a}	3,7±0,1^{a}	3,5±0,2^{a}	3,5±0,1	3,02	**28**	3,5±0,1^{b}	3,9±0,0^{a}	3,9±0,1^{a}	3,8±0,2	6,13
8	3,2±0,1^{a}	3,3±0,0^{a}	2,9±0,1^{b}	3,1±0,2	7,45	**29**	**4,4±0,1^{b}**	**4,9±0,0^{a}**	**4,9±0,0^{a}**	4,7±0,3	6,52
9	**4,2±0,1^{b}**	**4,7±0,1^{a}**	**4,3±0,2^{b}**	4,4±0,3	5,97	**30**	4,3±0,1^{a}	3,7±0,1^{b}	3,8±0,0^{b}	3,9±0,3	7,85
10	3,8±0,0^{b}	4,2±0,2^{a}	3,9±0,1^{ab}	4,0±0,2	4,84	**31**	4,1±0,1^{a}	4,2±0,0^{a}	3,7±0,2^{b}	4,0±0,2	6,01
11	3,8±0,1^{b}	4,1±0,1^{a}	3,9±0,0^{ab}	3,9±0,2	4,28	**32**	3,9±0,2^{b}	4,1±0,0^{ab}	4,3±0,1^{a}	4,1±0,2	4,47
12	**4,4±0,1^{a}**	**4,4±0,1^{a}**	**4,3±0,1^{a}**	4,4±0,1	1,93	**33**	**4,7±0,1^{b}**	**5,0±0,2^{a}**	**4,4±0,1^{b}**	4,7±0,3	6,42
13	4,2±0,2^{a}	4,3±0,1^{a}	4,0±0,1^{b}	4,2±0,2	4,54	**34**	3,7±0,1^{b}	3,8±0,1^{a}	3,6±0,0^{b}	3,7±0,1	3,25
14	3,4±0,1^{a}	3,3±0,1^{a}	3,0±0,2^{b}	3,2±0,2	5,84	**35**	4,0±0,2^{a}	3,7±0,1^{a}	3,9±0,2^{a}	3,9±0,2	3,92
15	3,4±0,1^{a}	3,3±0,0^{b}	3,0±0,2^{c}	3,2±0,2	7,43	**36**	3,4±0,2^{ab}	3,2±0,1^{b}	3,7±0,2^{a}	3,5±0,3	7,26
16	3,8±0,1^{a}	3,9±0,0^{a}	3,5±0,3^{a}	3,7±0,2	4,97	**37**	4,1±0,2^{a}	4,0±0,0^{a}	4,0±0,3^{a}	4,0±0,1	2,19
17	**4,2±0,1^{b}**	**4,6±0,1^{a}**	**4,1±0,3^{b}**	4,3±0,3	6,76	**38**	4,2±0,3^{a}	4,2±0,0^{a}	3,8±0,2^{a}	4,1±0,3	6,17
18	3,7±0,1^{a}	3,8±0,1^{a}	3,3±0,2^{b}	3,6±0,2	6,32	**39**	4,0±0,2^{a}	4,0±0,1^{a}	3,6±0,2^{b}	3,9±0,2	5,53
19	4,2±0,2^{a}	4,2±0,2^{a}	3,9±0,3^{a}	4,1±0,2	4,26	**40**	3,9±0,2^{a}	3,5±0,0^{a}	3,5±0,5^{a}	3,6±0,3	6,86
20	4,0±0,1^{a}	4,1±0,1^{a}	3,7±0,1^{b}	3,9±0,2	5,29	**41**	3,7±0,2^{b}	3,8±0,0^{b}	4,1±0,1^{a}	3,9±0,2	5,51
21	4,2±0,1^{a}	4,0±0,1^{a}	3,6±0,1^{b}	3,9±0,3	6,87	**42**	3,9±0,2^{a}	3,9±0,0^{a}	3,6±0,1^{b}	3,8±0,2	4,82

Nota: * Média dos teores de sólidos solúveis das 3 safras consecutivas.
CV: coeficiente de variação.
Diferentes letras em cada linha indicam diferença estatística entre as safras, para cada genótipo (ANOVA, $p < 0,005$).
Valores em negrito indicam genótipos que se destacaram em relação aos elevados teores de sólidos solúveis, consistentemente, nas 3 safras avaliadas.

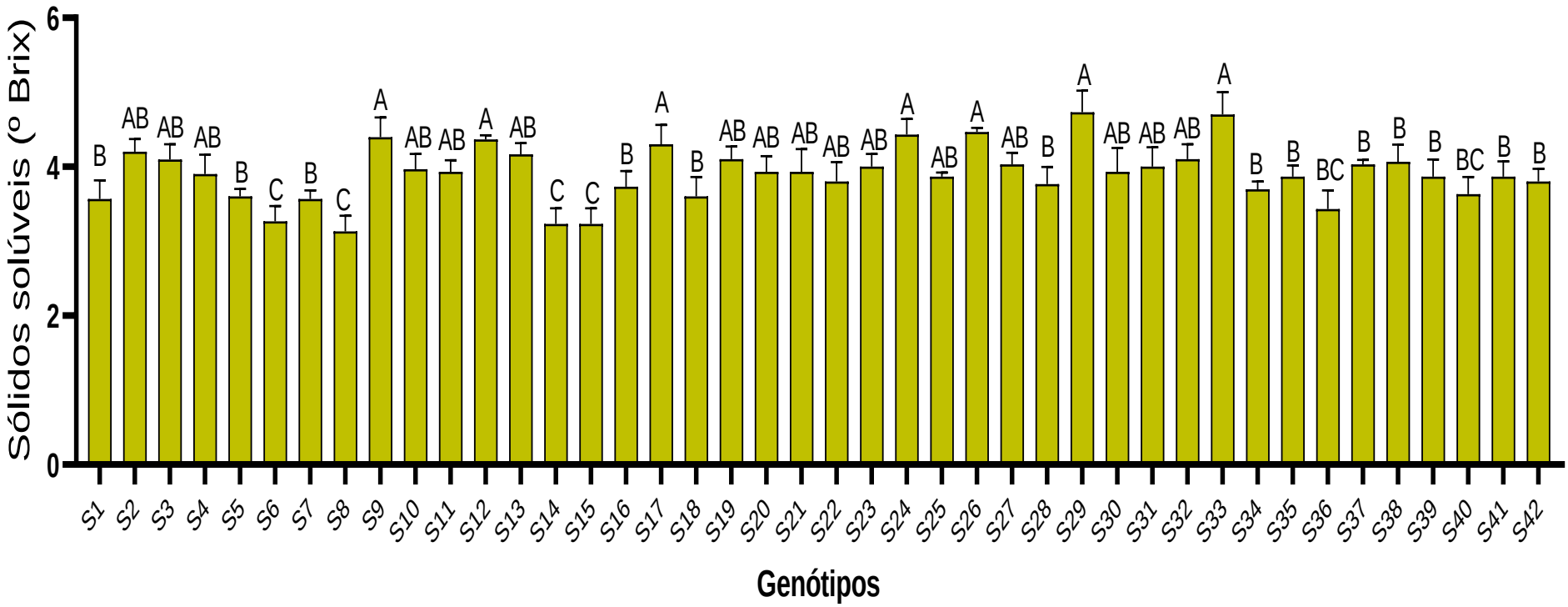

Figura 11: Teores médios de sólidos solúveis (º Brix) das sementes (S) de novos genótipos de *C. canephora* provenientes de três safras consecutivas (2018, 2019 e 2020). Diferentes letras sobre as barras indicam diferença estatística entre os genótipos (ANOVA, $p < 0,005$).

6.3 Compostos bioativos

Foram quantificados nos extratos metanólicos de folhas, cascas de frutos e sementes avaliadas cafeína, oito isômeros de CGA e os ácidos fenólicos cafeico, ferúlico e *p*-cumárico, sendo que o isômero 3-FQA foi identificado apenas nas sementes; o ácido gálico foi identificado apenas nas cascas de frutos e folhas e os ácidos 3,4-dihidroxibenzóico e benzoico foram identificados apenas nas cascas de frutos e folhas, respectivamente.

As **Figuras 12** a **14** apresentam exemplos de cromatogramas de compostos fenólicos, de sementes, cascas de frutos e folhas dos genótipos avaliados na presente dissertação.

A distribuição e os teores desses compostos estão apresentados nas **Tabelas 7** a **12**.

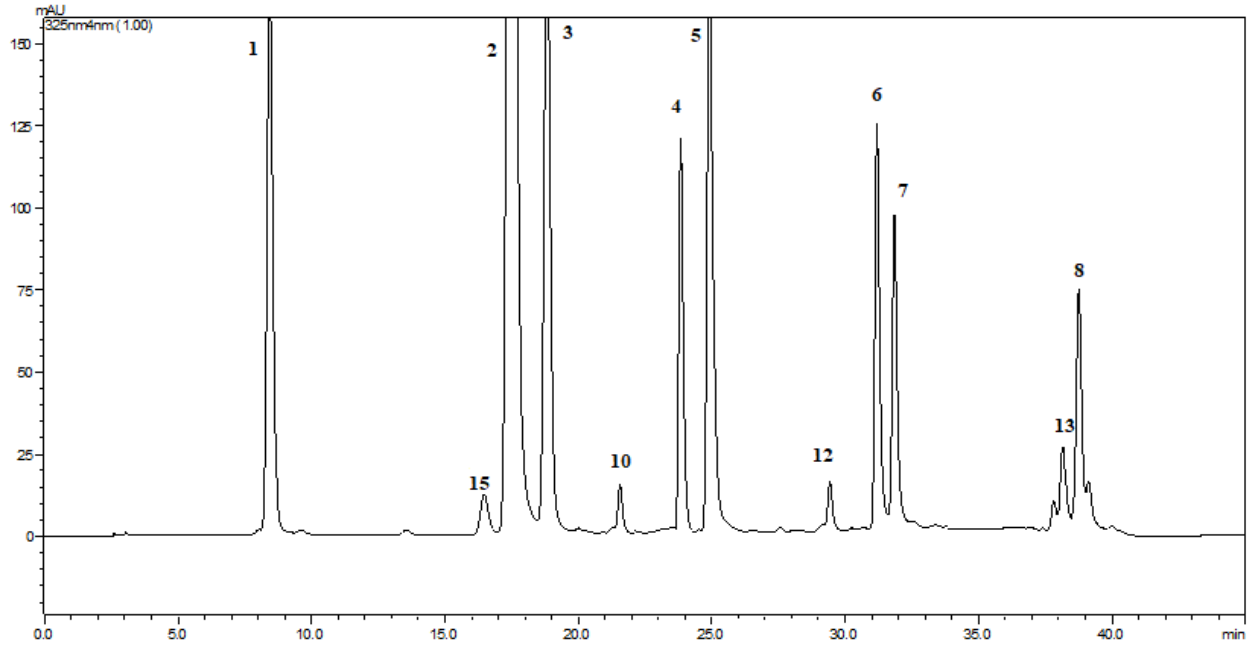

Figura 12: Exemplo de cromatograma (HPLC) da extração metanólica das sementes dos genótipos de *C. canephora* avaliados na presente dissertação. **1**: ácido 3-cafeoilquínico; **2**: ácido 5-cafeoilquínico; **3**: ácido 4-cafeoilquínico; **4**: ácido 4-feruloilquínico; **5**: ácido 5-feruloilquínico; **6**: ácido 3,4-dicafeoilquínico; **7**:ácido 3,5-dicafeoilquínico; **8**: ácido 4,5-dicafeoilquínico; **10**: ácido cafeico; **12**: ácido *p*-cumárico; **13**: ácido ferúlico; **15**: ácido 3-feruloilquínico.

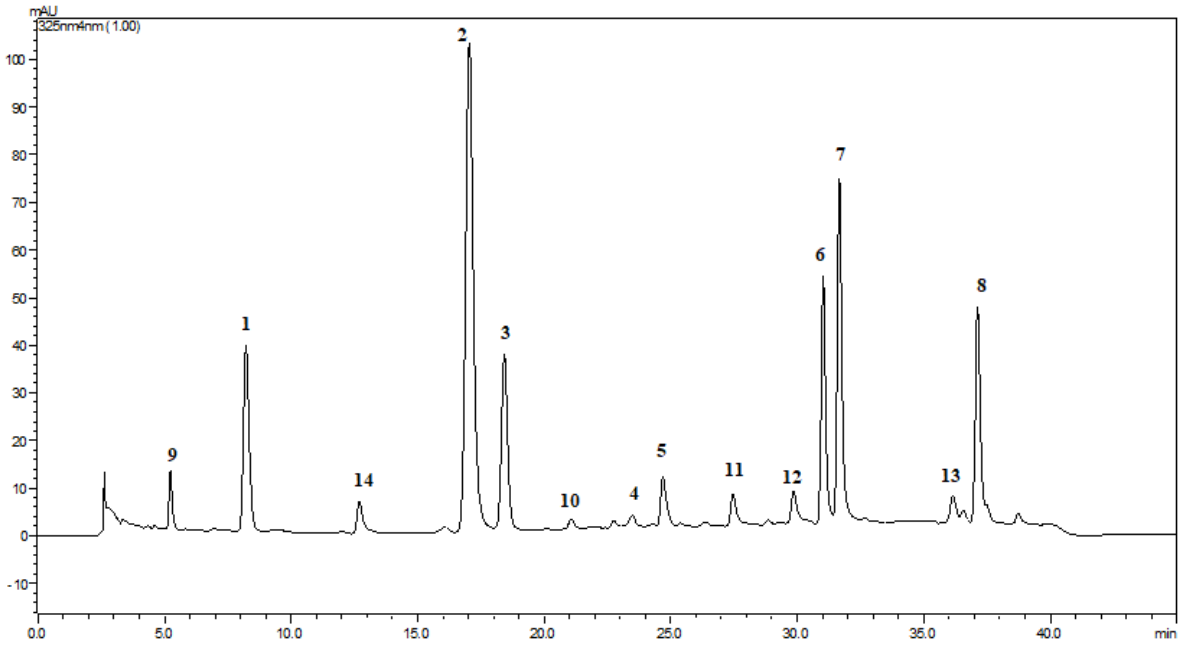

Figura 13: Exemplo de cromatograma (HPLC) da extração metanólica das cascas de frutos dos genótipos de *C. canephora* avaliados na presente dissertação. **1**: ácido 3-cafeoilquínico; **2**: ácido 5-cafeoilquínico; **3**: ácido 4-cafeoilquínico; **4**: ácido 4-feruloilquínico; **5**: ácido 5-feruloilquínico; **6**: ácido 3,4-dicafeoilquínico; **7**:ácido 3,5-dicafeoilquínico; **8**: ácido 4,5-dicafeoilquínico; **9**: ácido gálico; **10**: ácido cafeico; **11**: rutina; **12**: ácido *p*-cumárico; **13**: ácido ferúlico; **14**: ácido 3,4-dihidroxibenzóico.

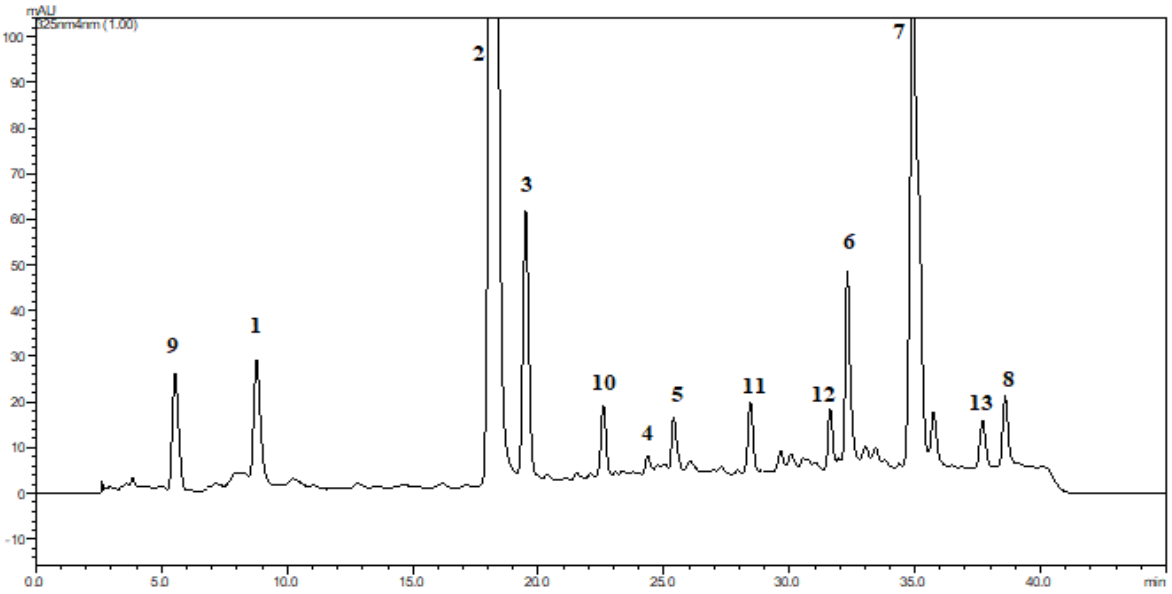

Figura 14: Exemplo de cromatograma (HPLC) da extração metanólica das folhas dos genótipos de *C. canephora* avaliados na presente dissertação. **1**: ácido 3-cafeoilquínico; **2**: ácido 5-cafeoilquínico; **3**: ácido 4-cafeoilquínico; **4**: ácido 4-feruloilquínico; **5**: ácido 5-feruloilquínico; **6**: ácido 3,4-dicafeoilquínico; **7**: ácido 3,5-dicafeoilquínico; **8**: ácido 4,5-dicafeoilquínico; **9**: ácido gálico; **10**: ácido cafeico; **11**: rutina; **12**: ácido *p*-cumárico; **13**: ácido ferúlico.

6.3.1 Cafeína

Considerando as três safras avaliadas, as sementes, cascas de frutos e folhas apresentaram teores de cafeína entre 1,21 e 2,55 g/100g bs; 0,13 e 0,84 g/100g bs e 0,33 e 2,01 g/100g bs, respectivamente. De forma geral, pôde-se observar que as sementes apresentaram teores de cerca de 43,3% e 57,7% superiores (p = 0.001) aos observados nas folhas e nas cascas, respectivamente (**Tabelas 7** a **9**; **Figuras 15** a **17**).

Os teores de cafeína presentes em sementes de café podem variar de acordo com fatores como genética (espécie e cultivar condições de plantio, especialmente adubação nitrogenada (CHAVES et al., 2004; FARAH, 2012) e variações sazonais (LOPES et al., 2000). Segundo dados da literatura, as sementes de café conilon possuem maiores teores de cafeína quando comparadas às demais variedades (de PAULA; FARAH, 2019), já tendo sido observados teores de cerca de 3,5% (AGUIAR et al., 2005).

A disparidade de teores de cafeína entre espécies ocorre pelo determinismo poligênico e pela heterozigosidade, com transmissão hereditária na qual a expressão das características depende do seu comportamento meiótico. Charrier e Berthaud (1975) observaram que o teor médio de cafeína de cada progênie está próximo da média aritmética dos conteúdos dos pais e a variabilidade da descendência está associada ao grau de heterozigosidade desses pais, consequentemente, ao seu modo de reprodução. Por isso, os teores de cafeína apresentam menor variabilidade em espécies de *C. arabica* (autogâmica), quando comparados aos teores da espécie *C. canephora* (alogâmica) altamente heterozigótica. Daí, a importância da propagação por estaquia quando se observa características desejáveis em uma determinada planta de *C. canephora.*

Em relação às sementes, os teores observados no presente estudo estão de acordo com relatos da literatura (1,5 – 2,5 g/100g bs) para sementes de café conilon (de PAULA; FARAH, 2019). Ao quantificarem os teores de cafeína em sementes de seis variedades de café robusta, Aguiar e colaboradores (2005) observaram faixa de variação de teores entre 1,94 e 3,29 g/100, base úmida).

Em relação às outras partes da planta, Chaves e colaboradores (2004) relataram teores médios de cafeína em cascas de frutos de *C. canephora* cv. robusta (0,25 g/100g), inferiores

quando comparado aos observados neste estudo. Teores inferiores foram também relatados para folhas adultas de café robusta provenientes da Uganda (~ 0.28 – 0.75 g/100g bs) (MONTEIRO et al., 2019). No estudo de Souard e colaboradores (2018), os teores de cafeína em folhas de café arábica foram 800 vezes maiores em comparação com as de café robusta. Teores médios de cafeína (0.6 g/100g bs) foram relatados para folhas adultas de *C. arabica* (MONTEIRO et al., 2019) e para folhas adultas provenientes de cafeeiros localizados nos estados do Ceará e São Paulo (ALMEIDA et al., 2019).

Como demonstrado nas **Tabelas 7** a **9** e **Figuras 15** a **17**, alguns genótipos se destacaram em relação aos teores de cafeína de forma consistente ao longo das 3 safras avaliadas. Nas sementes, teores de destaque variaram entre 1,99 e 2,51 g/100g bs, sendo cerca de 25 a 50% superiores à média dos demais. Entre as cascas de frutos, teores médios de destaque variaram entre 1,18 e 1,69 g/100g bs, chegando a ser até 4 a 5 vezes superiores aos observados em alguns genótipos e maiores do que aqueles observados em sementes de *C. arabica*. Entre as folhas do cafeeiro, alguns genótipos se destacaram, apresentando teores médios entre 1,23 e 1,59 g/100g bs, sendo 40 a 80% superiores aos teores das folhas dos demais genótipos e maiores do que os teores de sementes de *C. arabica*, das quais se extrai cafeína para utilização na fabricação de bebidas e na indústria farmacêutica.

Ao longo das 3 safras avaliadas, a faixa de variação dos teores indica estabilidade da composição dos genótipos.

Correlações positivas foram observadas entre os teores de sólidos solúveis e cafeína das sementes (r: 0.6354, p = 0.0299), demonstrando que o aumento do teor desse alcaloide contribui para o aumento dos sólidos solúveis nessa parte do cafeeiro, já que o conteúdo total de sólidos solúveis é composto pela própria cafeína, em conjunto com açúcares, CGA e trigonelina, além de outras substâncias minoritárias (SMITH, 1985).

Sobre a relação dos teores de cafeína entre as diferentes partes do cafeeiro, foram observadas correlações positivas, porém fracas, entre as folhas e cascas de frutos (r: 0.4366, p = 0.0038) e entre o teor de cafeína das cascas de frutos e sementes (r: 0.4009, p = 0.085). Não foram observadas correlações entre os teores de cafeína das folhas e das sementes, diferentemente do que foi relatado por Chaves e colaboradores (2004) ao avaliarem os

teores de cafeína em folhas e sementes de cultivares de *C. arabica* e de *C. canephora.* sugeriram a existência de um mecanismo de transporte de nitrogênio das folhas para os frutos durante sua maturação, responsável pelo teor elevado do alcaloide nas sementes dessa espécie de café. Os autores observaram que a concentração de cafeína nas sementes aumentou linearmente em relação aos teores de cafeína nas folhas do primeiro e terceiro pares. Relataram, ainda, que para as duas espécies estudadas, os teores de cafeína presentes nas folhas apresentam redução durante a fase de maturação dos frutos, indicando a redistribuição de cafeína e seu transporte das folhas para o desenvolvimento dos frutos. Segundo os autores sugerem que tanto o primeiro como o terceiro par de folhas podem predizer, de forma eficiente e com ganho de tempo, o teor de cafeína nas sementes dessas mesmas plantas quando adultas. Nessa dissertação, é possível que a falta de correlação entre os teores encontrados nas folhas e sementes se deva à grande variabilidade entre os genótipos. Talvez um estudo considerando várias safras de um mesmo genótipo possa demonstrar essa correlação.

Quanto à variabilidade dos teores de cafeína ao longo das 3 safras, sementes, cascas de frutos e folhas, os respectivos coeficientes de variação (CV %) variaram nas três safras de 1,99 a 11,70%, de 3,61 a 25,54% e de 2,58 a 33,55%, respectivamente. Essa variação foi provavelmente causada pela diversidade dos genótipos e pelas condições edafoclimáticas (CHENG et al., 2016).

Tabela 7: Teores de cafeína em sementes de novos genótipos de *C. canephora* originados da variedade conilon, provenientes de três safras consecutivas (2018, 2019 e 2020).

Genótipo	Safra 1	Safra 2	Safra 3	Média*	CV (%)	Genótipo	Safra 1	Safra 2	Safra 3	Média*	CV (%)
1	2,08±0,02^{a}	1,95±0,02^{b}	1,94±0,02^{b}	1,99±0,08	4,07	**22**	1,81±0,01^{a}	1,77±0,02^{b}	1,56±0,02^{c}	1,71±0,13	7,71
2	**2,32±0,02^{a}**	**2,13±0,02^{b}**	**2,15±0,01^{b}**	2,20±0,10	4,58	**23**	1,88±0,01^{a}	1,60±0,02^{b}	1,56±0,01^{c}	1,68±0,18	10,47
3	1,87±0,02^{a}	1,79±0,01^{b}	1,84±0,04^{a}	1,83±0,04	1,99	**24**	1,80±0,03^{a}	1,84±0,01^{a}	1,70±0,02^{b}	1,78±0,07	4,09
4	**2,23±0,02^{b}**	**2,21±0,01^{b}**	**2,33±0,04^{a}**	2,26±0,07	2,99	**25**	1,86±0,02^{c}	1,93±0,02^{b}	2,00±0,02^{a}	1,93±0,07	3,44
5	1,74±0,05^{b}	1,90±0,01^{a}	1,79±0,04^{b}	1,81±0,08	4,53	**26**	1,82±0,02^{a}	1,74±0,02^{b}	1,62±0,02^{c}	1,73±0,10	5,84
6	1,70±0,02^{b}	1,74±0,01^{a}	1,54±0,02^{c}	1,66±0,10	6,29	**27**	1,63±0,03^{b}	1,54±0,02^{c}	1,82±0,03^{a}	1,66±0,15	8,78
7	**2,15±0,03^{b}**	**2,23±0,01^{a}**	**1,93±0,03^{c}**	2,10±0,16	7,43	**28**	1,66±0,01^{b}	1,43±0,02^{c}	1,76±0,03^{a}	1,61±0,17	10,48
8	1,50±0,03^{c}	1,64±0,01^{b}	1,72±0,03^{a}	1,62±0,11	6,91	**29**	**2,63±0,03^{a}**	**2,55±0,03^{b}**	**2,21±0,04^{c}**	2,46±0,23	9,22
9	2,06±0,04^{a}	2,12±0,02^{a}	1,94±0,04^{b}	2,04±0,09	4,38	**30**	1,87±0,02^{a}	1,77±0,02^{c}	1,82±0,03^{b}	1,82±0,05	2,87
10	1,73±0,02^{c}	1,81±0,01^{b}	1,92±0,02^{a}	1,82±0,10	5,37	**31**	**2,22±0,03^{a}**	**2,16±0,02^{b}**	**2,09±0,02^{c}**	2,15±0,07	3,02
11	**2,53±0,04^{a}**	**2,45±0,02^{b}**	**2,55±0,06^{a}**	2,51±0,05	2,16	**32**	**2,29±0,01^{a}**	**2,17±0,01^{c}**	**2,24±0,03^{b}**	2,23±0,06	2,62
12	**2,25±0,02^{a}**	**2,29±0,03^{a}**	**1,90±0,02^{b}**	2,15±0,21	9,92	**33**	1,72±0,03^{b}	1,53±0,02^{c}	1,85±0,03^{a}	1,70±0,16	9,58
13	2,03±0,01^{b}	2,13±0,02^{a}	1,95±0,05^{c}	2,04±0,09	4,42	**34**	1,55±0,03^{b}	1,41±0,02^{c}	1,71±0,02^{a}	1,56±0,15	9,63
14	1,21±0,02^{c}	1,42±0,02^{a}	1,35±0,03^{b}	1,33±0,11	8,02	**35**	1,88±0,01^{a}	1,83±0,02^{b}	1,80±0,02^{b}	1,83±0,06	3,11
15	**1,96±0,01^{c}**	**2,16±0,01^{b}**	**2,23±0,04^{a}**	2,12±0,14	6,73	**36**	1,82±0,03^{a}	1,53±0,02^{c}	1,66±0,05^{b}	1,67±0,15	8,79
16	1,60±0,00^{a}	1,42±0,01^{b}	1,37±0,03^{c}	1,46±0,12	8,47	**37**	2,00±0,01^{b}	2,11±0,01^{a}	1,83±0,03^{c}	1,98±0,14	7,22
17	1,86±0,01^{a}	1,67±0,02^{c}	1,72±0,03^{b}	1,75±0,10	5,81	**38**	1,97±0,01^{b}	2,12±0,01^{a}	2,07±0,06^{a}	2,05±0,07	3,62
18	1,63±0,04^{a}	1,33±0,01^{b}	1,35±0,05^{b}	1,44±0,17	11,70	**39**	1,91±0,02^{c}	2,14±0,02^{b}	2,33±0,02^{a}	2,13±0,21	9,75
19	1,60±0,01^{ab}	1,54±0,02^{b}	1,72±0,07^{a}	1,62±0,09	5,62	**40**	1,65±0,02^{c}	1,77±0,01^{b}	1,87±0,06^{a}	1,77±0,11	6,19
20	1,95±0,02^{b}	2,17±0,03^{a}	2,06±0,04^{c}	2,06±0,11	5,37	**41**	1,54±0,01^{b}	1,44±0,02^{c}	1,66±0,02^{a}	1,54±0,11	7,12
21	1,81±0,02^{b}	2,02±0,02^{a}	1,72±0,03^{c}	1,85±0,16	8,42	**42**	1,77±0,01^{b}	1,77±0,01^{b}	1,95±0,03^{a}	1,83±0,10	5,53

Nota: * Média dos teores de cafeína das 3 safras consecutivas.
CV: coeficiente de variação.
Diferentes letras em cada linha indicam diferença estatística entre as safras para cada genótipo (ANOVA, $p < 0,005$).
Valores em negrito indicam genótipos que se destacaram em relação aos elevados teores de cafeína, consistentemente, nas 3 safras avaliadas.

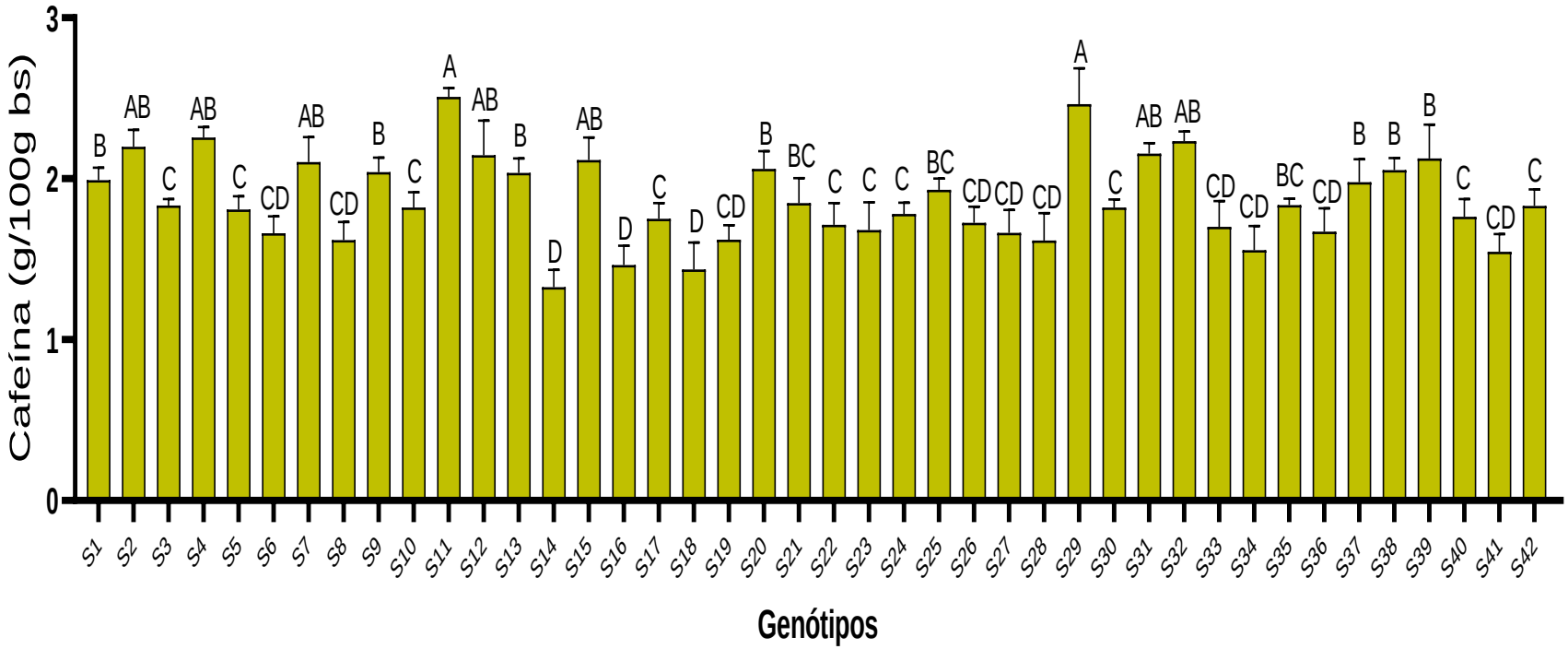

Figura 15: Teores médios de cafeína das sementes (S) de novos genótipos de *C. canephora*, provenientes de três safras consecutivas (2018, 2019 e 2020). Diferentes letras sobre as barras indicam diferença estatística entre os genótipos (ANOVA, $p < 0{,}005$).

Tabela 8: Teores de cafeína em cascas de frutos de novos genótipos de *C. canephora* originados da variedade conilon, provenientes de três safras consecutivas (2018, 2019 e 2020).

Genótipo	Safra 1	Safra 2	Safra 3	Média*	CV (%)	Genótipo	Safra 1	Safra 2	Safra 3	Média*	CV (%)
1	1,04±0,03^{a}	0,94±0,02^{b}	0,84±0,02^{c}	0,94±0,10	10,48	**22**	1,15±0,01^{a}	0,97±0,02^{b}	0,96±0,01^{b}	1,03±0,11	10,60
2	0,85±0,01^{b}	0,95±0,02^{a}	0,86±0,01^{b}	0,88±0,05	6,19	**23**	1,02±0,01^{a}	0,95±0,03^{b}	0,81±0,01^{c}	0,93±0,11	11,46
3	0,51±0,02^{b}	0,65±0,04^{a}	0,63±0,01^{a}	0,60±0,07	12,29	**24**	0,21±0,02^{c}	0,37±0,02^{a}	0,30±0,02^{b}	0,29±0,08	27,00
4	**1,41±0,01^{b}**	**1,46±0,02^{a}**	**1,34±0,02^{c}**	1,41±0,06	4,28	**25**	0,22±0,01^{c}	0,36±0,04^{a}	0,35±0,01^{b}	0,31±0,08	24,87
5	0,87±0,01^{c}	0,95±0,03^{b}	1,11±0,01^{a}	0,98±0,12	12,55	**26**	0,45±0,00^{a}	0,36±0,01^{b}	0,36±0,02^{b}	0,39±0,05	13,66
6	0,38±0,04^{c}	0,46±0,03^{a}	0,44±0,03^{b}	0,43±0,04	9,14	**27**	0,88±0,00^{c}	1,02±0,01^{a}	0,95±0,05^{b}	0,95±0,07	7,52
7	**1,22±0,02^{b}**	**1,14±0,01^{c}**	**1,32±0,02^{a}**	1,23±0,09	7,22	**28**	0,90±0,01^{b}	0,95±0,02^{a}	0,86±0,03^{c}	0,91±0,05	4,98
8	0,81±0,02^{b}	0,92±0,02^{a}	0,84±0,02^{b}	0,86±0,06	6,85	**29**	**1,70±0,01^{b}**	**1,84±0,02^{a}**	**1,53±0,02^{c}**	1,69±0,16	9,21
9	0,92±0,01^{a}	0,73±0,02^{b}	0,75±0,01^{b}	0,80±0,10	13,02	**30**	0,22±0,01^{a}	0,24±0,01^{a}	0,15±0,03^{b}	0,21±0,05	22,45
10	0,22±0,02^{b}	0,28±0,01^{a}	0,30±0,02^{a}	0,27±0,04	14,91	**31**	0,44±0,01^{a}	0,47±0,01^{a}	0,25±0,02^{b}	0,39±0,12	30,98
11	0,87±0,02^{a}	0,88±0,02^{a}	0,76±0,02^{b}	0,83±0,07	7,79	**32**	1,23±0,01^{a}	1,16±0,01^{b}	1,16±0,02^{b}	1,18±0,04	3,61
12	1,10±0,02^{b}	1,04±0,01^{c}	1,15±0,03^{a}	1,09±0,05	4,88	**33**	0,70±0,01^{b}	0,85±0,01^{a}	0,83±0,02^{a}	0,79±0,08	10,66
13	0,89±0,01^{b}	0,95±0,02^{a}	0,77±0,01^{c}	0,87±0,09	10,54	**34**	1,07±0,01^{b}	1,16±0,02^{a}	0,84±0,02^{c}	1,03±0,17	16,29
14	0,55±0,02^{b}	0,65±0,02^{a}	0,55±0,02^{b}	0,59±0,06	9,85	**35**	0,63±0,00^{b}	0,74±0,02^{a}	0,72±0,02^{a}	0,70±0,06	8,01
15	**1,35±0,01^{b}**	**1,24±0,03^{c}**	**1,44±0,02^{a}**	1,34±0,10	7,21	**36**	1,00±0,01^{a}	1,02±0,02^{a}	0,64±0,02^{b}	0,89±0,21	24,09
16	0,31±0,03^{b}	0,42±0,02^{a}	0,33±0,03^{b}	0,35±0,06	16,23	**37**	1,03±0,01^{b}	1,10±0,02^{a}	0,78±0,02^{c}	0,97±0,17	17,20
17	1,11±0,01^{b}	1,02±0,02^{c}	1,25±0,04^{a}	1,13±0,11	10,13	**38**	0,87±0,02^{a}	0,99±0,01^{b}	1,04±0,03^{b}	0,96±0,08	8,78
18	0,40±0,02^{a}	0,41±0,03^{a}	0,45±0,04^{a}	0,42±0,03	6,46	**39**	0,62±0,02^{b}	0,86±0,01^{a}	0,62±0,03^{b}	0,70±0,14	19,80
19	0,13±0,00^{c}	0,20±0,01^{a}	0,17±0,01^{b}	0,17±0,03	20,08	**40**	1,08±0,01^{a}	1,11±0,01^{a}	0,82±0,02^{b}	1,00±0,16	15,69
20	0,22±0,01^{b}	0,24±0,03^{b}	0,35±0,01^{a}	0,27±0,07	25,54	**41**	1,12±0,01^{a}	1,10±0,01^{b}	0,83±0,01^{c}	1,01±0,16	15,78
21	1,13±0,01^{a}	1,03±0,01^{b}	0,82±0,02^{c}	0,99±0,16	16,08	**42**	0,41±0,01^{c}	0,57±0,02^{a}	0,47±0,02^{b}	0,48±0,08	17,14

Nota: * Média dos teores de cafeína das 3 safras consecutivas.
CV: coeficiente de variação.
Diferentes letras em cada linha indicam diferença estatística entre as safras para cada genótipo (ANOVA, $p < 0,005$).
Valores em negrito indicam genótipos que se destacaram em relação aos elevados teores de cafeína, consistentemente, nas 3 safras avaliadas.

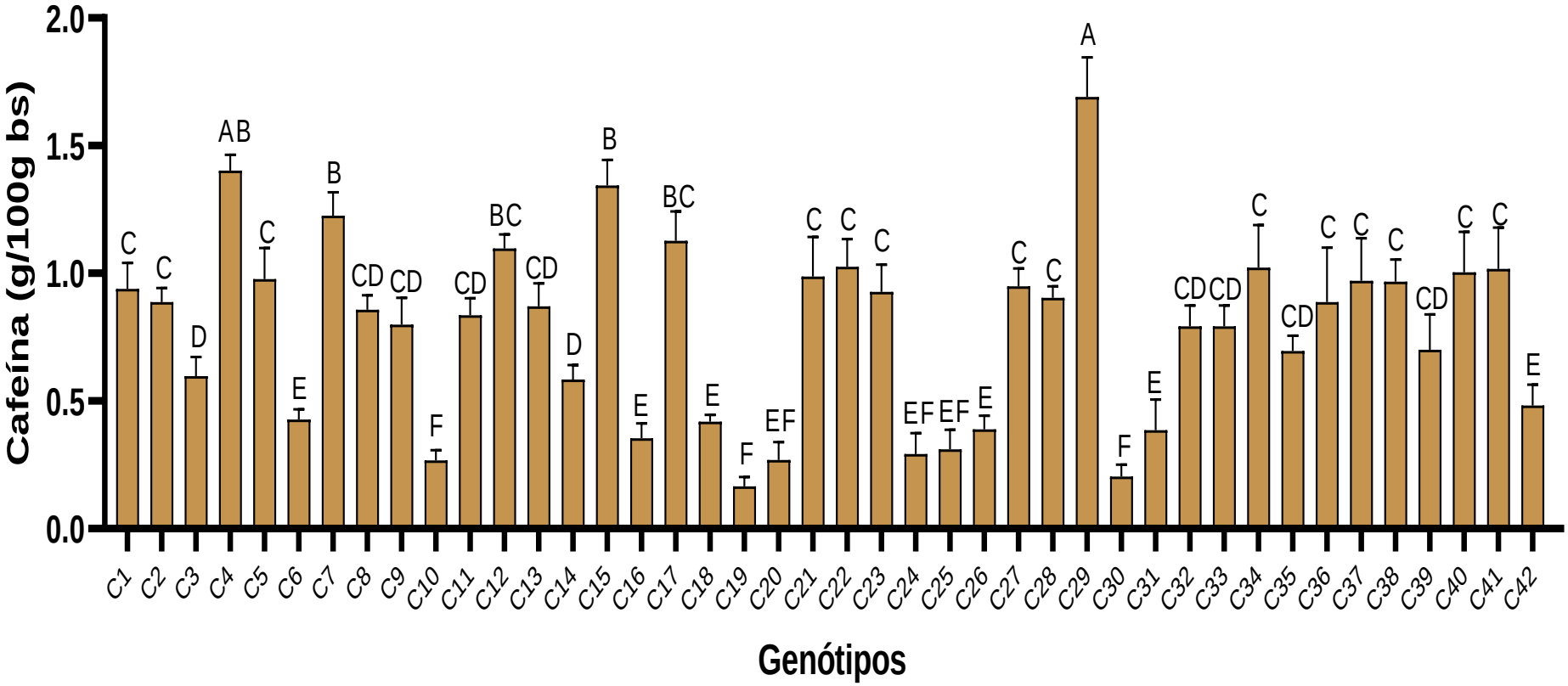

Figura 16: Teores médios de cafeína das cascas de frutos (C) de novos genótipos de *C. canephora*, provenientes de três safras consecutivas (2018, 2019 e 2020). Diferentes letras sobre as barras indicam diferença estatística entre os genótipos (ANOVA, $p < 0,005$).

Tabela 9: Teores de cafeína em folhas de novos genótipos de *C. canephora* originados da variedade conilon, provenientes de três safras consecutivas (2018, 2019 e 2020).

Genótipo	Safra 1	Safra 2	Safra 3	Média*	CV (%)	Genótipo	Safra 1	Safra 2	Safra 3	Média*	CV (%)
1	1,50±0,01^{a}	1,12±0,02^{b}	1,07±0,02^{c}	1,23±0,24	19,34	**22**	1,17±0,00^{a}	1,18±0,02^{a}	0,97±0,02^{b}	1,11±0,12	10,50
2	1,41±0,02^{a}	1,15±0,02^{b}	0,96±0,03^{c}	1,17±0,23	19,22	**23**	**1,59±0,01^{a}**	**1,61±0,01^{a}**	**1,26±0,03^{b}**	1,49±0,20	13,29
3	0,87±0,01^{b}	0,93±0,01^{a}	0,95±0,03^{a}	0,92±0,04	4,40	**24**	0,41±0,01^{c}	0,63±0,02^{a}	0,55±0,03^{b}	0,53±0,11	21,28
4	1,44±0,01^{a}	1,25±0,01^{b}	1,44±0,02^{a}	1,38±0,11	8,13	**25**	1,07±0,02^{b}	1,13±0,03^{a}	1,11±0,02^{a}	1,11±0,03	2,58
5	1,01±0,01^{a}	1,04±0,02^{a}	0,96±0,02^{b}	1,01±0,04	3,99	**26**	1,20±0,01^{b}	1,22±0,01^{b}	1,26±0,02^{a}	1,23±0,03	2,78
6	0,85±0,01^{c}	0,96±0,02^{b}	1,06±0,01^{a}	0,96±0,11	11,15	**27**	1,37±0,01^{a}	1,20±0,02^{b}	1,02±0,03^{c}	1,20±0,17	14,61
7	**1,64±0,03^{b}**	**1,78±0,02^{a}**	**1,26±0,02^{c}**	1,56±0,27	17,23	**28**	1,44±0,01^{a}	1,06±0,01^{b}	1,04±0,02^{b}	1,18±0,22	19,02
8	0,94±0,01^{b}	1,00±0,05^{ab}	1,07±0,03^{a}	1,01±0,06	6,24	**29**	1,42±0,01^{a}	1,21±0,03^{b}	1,16±0,03^{b}	1,27±0,14	10,88
9	1,42±0,02^{a}	1,34±0,02^{b}	1,15±0,01^{c}	1,30±0,14	10,53	**30**	1,03±0,01^{c}	1,14±0,02^{b}	1,28±0,03^{a}	1,15±0,13	10,97
10	0,65±0,01^{b}	0,76±0,02^{a}	0,56±0,00^{c}	0,66±0,10	15,46	**31**	1,07±0,01^{b}	1,14±0,02^{a}	1,10±0,04^{b}	1,10±0,03	3,00
11	1,01±0,01^{a}	1,03±0,01^{a}	0,94±0,02^{b}	0,99±0,05	4,73	**32**	**1,40±0,01^{c}**	**1,51±0,02^{b}**	**1,85±0,03^{a}**	1,59±0,23	14,73
12	0,33±0,01^{c}	0,44±0,02^{b}	0,54±0,02^{a}	0,44±0,11	24,65	**33**	1,76±0,01^{b}	1,82±0,01^{a}	1,02±0,04^{c}	1,53±0,45	29,27
13	**2,01±0,02^{a}**	**1,78±0,02^{b}**	**1,81±0,03^{c}**	1,87±0,13	6,78	**34**	1,10±0,01^{c}	1,50±0,02^{b}	1,66±0,04^{a}	1,42±0,29	20,20
14	0,86±0,02^{b}	0,93±0,03^{a}	0,74±0,01^{c}	0,84±0,09	11,23	**35**	0,81±0,01^{c}	0,94±0,02^{b}	0,99±0,03^{a}	0,91±0,09	10,11
15	1,47±0,02^{b}	1,56±0,03^{a}	1,36±0,02^{c}	1,46±0,10	7,07	**36**	0,96±0,01^{b}	1,04±0,02^{a}	0,86±0,04^{c}	0,95±0,09	9,65
16	0,59±0,02^{c}	0,77±0,02^{b}	0,86±0,03^{a}	0,74±0,14	18,28	**37**	1,12±0,02^{b}	1,13±0,03^{b}	1,34±0,02^{a}	1,20±0,13	10,52
17	0,82±0,02^{b}	0,92±0,02^{a}	0,77±0,02^{c}	0,34±0,07	8,68	**38**	1,29±0,03^{a}	1,10±0,01^{b}	0,83±0,02^{c}	1,07±0,23	21,38
18	0,79±0,01^{b}	1,02±0,02^{a}	1,05±0,03^{a}	0,95±0,14	14,96	**39**	1,11±0,02^{b}	1,16±0,02^{a}	0,97±0,01^{c}	1,08±0,10	9,24
19	0,35±0,02^{c}	0,67±0,02^{a}	0,44±0,04^{b}	0,49±0,16	33,55	**40**	1,00±0,01^{a}	1,06±0,03^{a}	0,86±0,03^{b}	0,97±0,10	10,57
20	0,79±0,01^{ab}	0,90±0,07^{a}	0,76±0,03^{b}	0,82±0,07	9,10	**41**	1,66±0,03^{b}	1,72±0,02^{a}	1,07±0,03^{c}	1,48±0,36	24,36
21	1,50±0,01^{b}	1,69±0,01^{a}	1,24±0,03^{c}	1,47±0,23	15,33	**42**	0,57±0,02^{c}	0,77±0,02^{b}	0,87±0,02^{a}	0,74±0,15	20,64

Nota: * Média dos teores de cafeína das 3 safras consecutivas.
CV: coeficiente de variação.
Diferentes letras em cada linha indicam diferença estatística entre as safras para cada genótipo (ANOVA, $p < 0,005$).
Valores em negrito indicam genótipos que se destacaram em relação aos elevados teores de cafeína, consistentemente, nas 3 safras avaliadas.

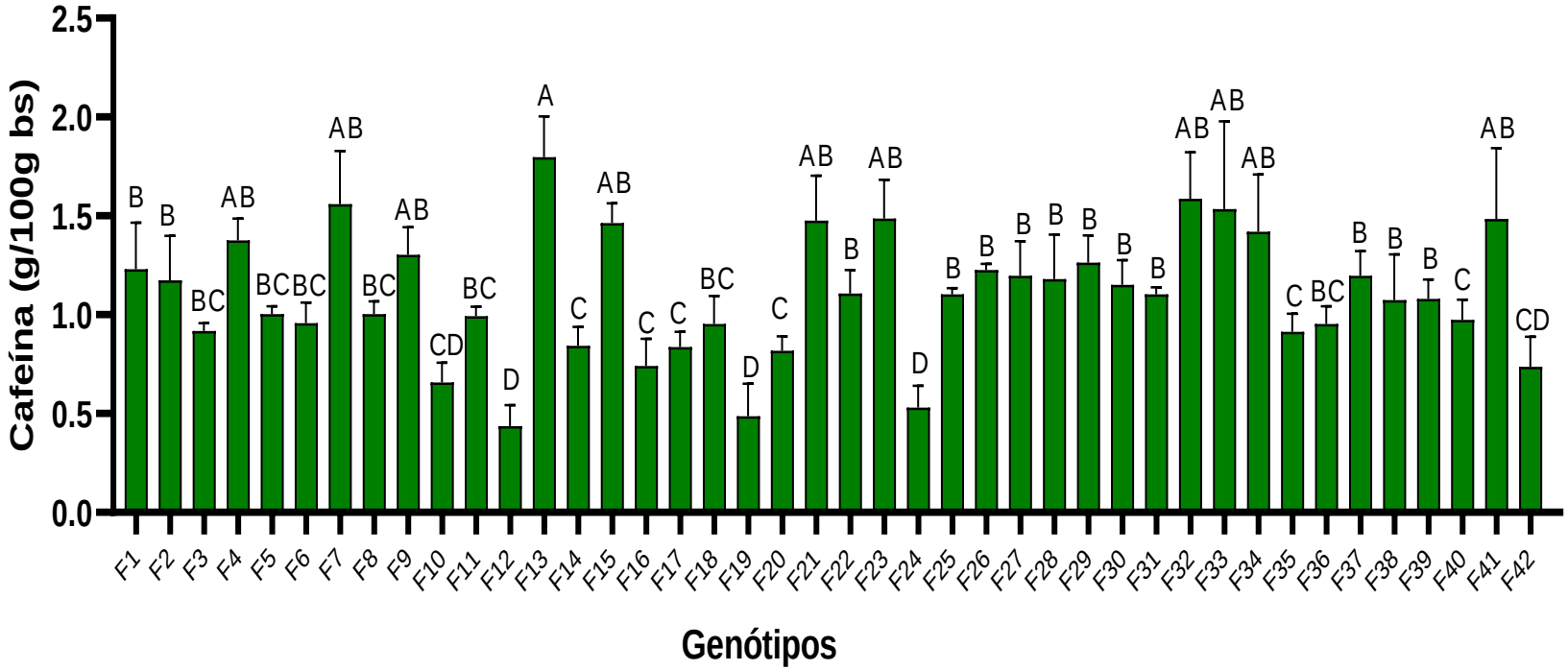

Figura 17: Teores médios de cafeína das folhas (F) de novos genótipos de *C. canephora*, provenientes de três safras consecutivas (2018, 2019 e 2020). Diferentes letras sobre as barras indicam diferença estatística entre os genótipos (ANOVA, $p < 0,005$).

6.3.2 Ácidos clorogênicos

Os CGA são os principais compostos fenólicos presentes nas sementes e nas demais partes do cafeeiro, como as cascas de frutos e folhas, por exemplo (cerca de 90%) (MONTEIRO et al., 2019; de PAULA, 2020). Seus teores estão altamente correlacionados com a capacidade antioxidante da bebida (FARAH, 2017), que é a principal contribuinte para a capacidade antioxidante total da dieta dos brasileiros (TORRES; FARAH, 2016).

Oito isômeros de CGA foram quantificados em todas as amostras de folhas, cascas de frutos e sementes avaliadas: 3-CQA, 4-CQA, 5-CQA, 4-FQA, 5-FQA, 3,4-diCQA, 3,5-diCQA e 4,5-diCQA, enquanto o isômero 3-FQA foi apenas identificado nas sementes (**Tabelas 10** a **12**).

Considerando as três safras avaliadas, as sementes, cascas de frutos e folhas apresentaram teores de CGA totais entre 3,71 e 9,71 g/100g bs; 0,43 e 1,65 g/100g bs e 0,80 e 2,22 g/100g bs, respectivamente. De forma geral, pôde-se observar que as sementes apresentaram teores de CGA cerca de 80% e 87% superiores (p = 0.001) aos observados nas folhas e nas cascas de frutos do cafeeiro, respectivamente.

No presente estudo, os teores de CGA observados nas sementes estão de acordo com os relatos da literatura (4 – 9 g/100g bs) (AGUIAR et al., 2005; BICHO et al., 2013; FARAH; de PAULA, 2019). Sabe-se que os teores de CGA em sementes de café verde podem variar amplamente de acordo com a espécie e o grau de maturação dos frutos (FARAH; DONANGELO, 2006), condições edafoclimáticas e práticas agrícolas (CLIFFORD, 1985; GUERRERO, SUÁREZ; MORENO, 2001). Por exemplo, a fertilização com zinco foi capaz de aumentar os teores de CGA no café arábica (PERRONE et al., 2008).

Estudo recente também relatou significativa variação nos teores de CGA de diferentes amostras de folhas de *C. arabica* provenientes de três regiões diferentes do Brasil (0.7 a 2.5 g/100g bs) (ALMEIDA et al., 2019), o que reforça a relevância das condições de cultivo e estágio de desenvolvimento sobre os teores de compostos bioativos dessas matrizes. Teores similares de CGA totais aos observados nesse estudo foram relatados para folhas maduras de café robusta provenientes da Uganda (~ 1.9 – 2.2 g/100g bs) (MONTEIRO et al., 2019).

Não foram identificados dados científicos sobre teores de CGA em cascas de frutos de *C. canephora*, para fins de comparação.

Como demonstrado nas **Tabelas 10** a **12** e **Figuras 18** a **20**, alguns genótipos se destacaram em relação aos teores de CGA totais, de forma consistente, ao longo das 3 safras avaliadas. Nas folhas do cafeeiro, alguns genótipos apresentaram teores médios entre 1,59 e 2,05 g/100g bs, sendo cerca de 30% superiores à média dos demais. Nas cascas de frutos, alguns genótipos apresentaram teores médios entre 1,16 e 1,54 g/100g bs, chegando ser até 2 a 3 vezes superiores aos observados em alguns genótipos. Nas sementes, alguns genótipos apresentaram teores médios entre 8,40 e 9,27 g/100g bs, sendo cerca de 30% superiores aos demais. Os CV (%), calculados a partir das médias e desvios padrões das três safras, mostram que esses teores elevados se sustentaram ao longo dos anos e, por isso podem ser selecionados para compor novos cultivares.

A distribuição dos subgrupos e isômeros de CGA foi diferente considerando as três partes do cafeeiro investigadas. Nas sementes, os CQA foram os CGA mais abundantes em todas as amostras avaliadas, representando cerca de 70% do total de CGA, sendo 5-CQA o principal isômero (67% do total de CQA). Isômeros de FQA foram a segunda classe mais abundante, correspondendo a cerca de 17% do total de CGA. 5-FQA foi o principal isômero, correspondendo a, aproximadamente, 88% entre isômeros de FQA. DiCQA totais representaram cerca de 13% do total de CGA presentes nas amostras de sementes.

Nas cascas os CQA foram os mais abundantes, representando cerca de 55% do total de CGA. 5-CQA foi o principal isômero (64% do total de CQA). Os diCQA corresponderam a cerca de 30% do total de CGA, sendo o 3.5-diCQA, também o principal isômero (cerca de 40% do total de diCQA). FQA totais representaram cerca de 6% do total de CGA.

Nas folhas de novos genótipos de *C. canephora* originados da variedade conilon, os CQA foram os CGA mais abundantes, representando cerca de 82% do total de CGA. 5-CQA foi o principal isômero (75% entre os CQA). Isômeros de diCQA foram a segunda classe mais abundante, correspondendo a cerca de 15% do total de CGA. 3,5-diCQA foi o principal isômero (48% do total de diCQA). FQA totais representaram cerca de 3% do total de CGA presentes. A predominância dos isômeros 5-CQA e 3,5-diCQA nas folhas do gênero Coffea foi consistentemente relatada na literatura (MONDOLOT et al., 2006; CAMPA et al., 2012;

ALMEIDA et al., 2019; MONTEIRO et al., 2019), assim como a ausência do isômero 3-FQA (CAMPA et al., 2012; MONTEIRO et al., 2019).

Não foram identificadas lactonas de CGA (CGL) nas amostras de folhas, cascas de frutos e sementes de novos genótipos de *C. canephora* investigadas, devido às baixas temperaturas utilizadas no processo de secagem (máximo de 50 °C). Temperaturas elevadas levam à formação de lactonas dos CGA, previamente observado em folhas tostadas de erva mate (LIMA et al., 2016) e em sementes de cafés torrados (FARAH, 2012).

Correlações positivas foram observadas entre os teores de sólidos solúveis e CGA das sementes (r: 0.7780, $p < 0.001$), demonstrando que o aumento desses compostos contribui para o aumento dos sólidos solúveis nessa parte do cafeeiro, já que o conteúdo total de sólidos solúveis, como já mencionado, também é composto pelos CGA (SMITH, 1985).

Não foram observadas correlações entre os teores de CGA nas folhas, cascas de frutos e sementes, ou seja, não houve tendência de comportamento destes compostos quando avaliadas as diferentes partes do cafeeiro ao longo das 3 safras consecutivas.

Diferentemente da cafeína, os CV (%) dos teores de CGA ao longo das 3 safras variou em alguns genótipos consideravelmente, entre 1,08 e 28,70%, 1,23 e 39,15% e entre 5,29 e 42,74%, para as sementes, cascas de frutos e folhas, respectivamente. Esta variação ocorreu provavelmente pela diversidade pelas condições edafoclimáticas, além da variação entre os genótipos (CHENG et al., 2016). Além disso, esses compostos variam conforme condições de estresse da planta, como necessidade para proteção contra raios UV, temperaturas extremas, pragas, e injúria mecânica (FARAH, 2009; 2012).

Devido à sua origem metabólica e fisiológica, muitos compostos químicos podem ter correlações entre si. Além de estarem presentes no mesmo compartimento celular (HORMAN; VIANI, 1972), a cafeína parece formar complexo com os CGA, especificamente com os CQA (D´AMELIO et al., 2009), o que ajuda a explicar a correlação encontrada entre os teores desses compostos nas cascas de frutos (r: 0.5682, $p = 0.0006$) e nas sementes (r: 0,7195, $p = 0,003$) dos genótipos.

Tabela 10: Teores de ácidos clorogênicos em sementes de novos genótipos de *C. canephora* originados da variedade conilon, provenientes de três safras consecutivas (2018, 2019 e 2020).

	CQA (g/100g)			FQA (g/100g)			diCQA (g/100g)			CGA totais (g/100g)				
Genótipo	***Safra 1***	***Safra 2***	***Safra 3***	***Safra 1***	***Safra 2***	***Safra 3***	***Safra 1***	***Safra 2***	***Safra 3***	***Safra 1***	***Safra 2***	***Safra 3***	***Média****	***CV (%)***
1	4,55±0,02	4,18±0,06	4,22±0,04	1,26±0,01	1,15±0,02	0,75±0,03	0,85±0,02	0,86±0,04	0,89±0,01	6,66±0,03[a]	6,18±0,08[b]	5,85±0,03[c]	6,23±0,40	6,48
2	4,47±0,3	5,78±0,08	5,57±0,02	1,56±0,01	1,86±0,01	1,24±0,02	1,00±0,02	1,13±0,02	1,05±0,02	7,02±0,04[c]	8,77± 0,10[a]	7,87±0,02[b]	7,89±0,87	11,06
3	5,63±0,03	6,37±0,05	6,41±0,04	0,95±0,01	0,99±0,04	0,84±0,02	0,81±0,01	0,97±0,03	0,94±0,03	7,39±0,04[a]	8,32±0,08[b]	8,20±0,01[bc]	7,97±0,50	6,33
4	5,19±0,03	5,78±0,03	6,19±0,03	1,15±0,01	1,12±0,04	1,03±0,01	0,75±0,01	0,85±0,01	1,06±0,02	7,09±0,04[c]	7,75±0,05[b]	8,28±0,04[a]	7,71±0,60	7,75
5	4,46±0,01	4,94±0,06	5,77±0,02	1,11±0,01	1,11±0,04	1,03±0,02	0,76±0,02	0,76±0,04	1,05±0,01	6,33±0,05[c]	6,81±0,13[b]	7,85±0,05[a]	7,00±0,77	11,08
6	3,76±0,01	4,33±0,05	6,14±0,03	0,75±0,03	0,97±0,01	0,85±0,01	0,71±0,02	0,76±0,03	0,95±0,01	5,22±0,02[c]	6,06±0,06[b]	7,94±0,03[a]	6,41±1,39	21,72
7	4,01±0,02	4,35±0,04	5,74±0,05	0,98±0,02	1,05±0,03	0,84±0,03	0,74±0,02	0,84±0,01	0,93±0,01	5,72±0,01[c]	6,24±0,03[b]	7,51±0,08[a]	6,49±0,92	14,15
8	3,34±0,02	4,21±0,04	6,52±0,03	1,13±0,03	1,18±0,02	1,01±0,03	0,54±0,01	0,64±0,03	1,06±0,02	5,01±0,04[c]	6,03±0,05[b]	8,59±0,04[a]	6,55±1,85	28,20
9	6,42±0,02	7,13±0,03	7,33±0,03	1,16±0,02	1,27±0,02	0,94±0,03	1,30±0,02	1,31±0,03	0,95±0,04	**8,88±0,05**[c]	**9,71±0,06**[a]	**9,22±0,08**[b]	9,27±0,42	4,50
10	4,65±0,03	5,80±0,08	6,18±0,02	1,12±0,02	1,25±0,03	0,90±0,03	0,97±0,02	1,17±0,02	1,03±0,03	6,73±0,04[b]	8,22±0,11[a]	8,12±0,07[a]	7,69±0,83	10,82
11	4,50±0,03	5,90±0,03	6,71±0,02	1,28±0,02	1,68±0,03	1,32±0,03	0,92±0,01	1,25±0,04	0,93±0,01	6,70±0,04[c]	8,82±0,04[b]	8,95±0,05[a]	8,16±1,26	15,47
12	5,14±0,03	6,15±0,03	5,62±0,02	1,61±0,02	1,72±0,11	1,50±0,03	1,41±0,02	1,63±0,03	1,17±0,02	**8,15±0,03**[b]	**9,50±0,14**[a]	**8,29±0,03** [b]	8,65±0,74	8,59
13	4,22±0,04	5,20±0,07	5,43±0,03	1,16±0,02	1,25±0,02	0,98±0,02	1,06±0,01	1,08±0,03	1,00±0,03	6,43±0,03[b]	7,53±0,08[a]	7,40±0,04[a]	7,12±0,60	8,43
14	2,27±0,02	2,41±0,04	3,17±0,03	1,09±0,02	1,15±0,03	1,04±0,02	0,35±0,01	0,37±0,03	0,54±0,02	3,71±0,04[c]	3,93±0,03[b]	4,75±0,05[a]	4,13±0,05	13,29
15	3,87±0,03	4,38±0,03	5,35±0,04	1,12±0,02	1,18±0,01	0,93±0,03	1,06±0,01	1,18±0,02	1,26±0,02	6,05±0,04[c]	6,74±0,04[b]	7,54±0,01[a]	6,77±0,75	11,00
16	3,55±0,04	4,93±0,04	5,45±0,03	0,83±0,01	0,96±0,02	0,82±0,02	0,87±0,00	0,95±0,03	0,90±0,02	5,25±0,04[c]	6,84±0,09[b]	7,17±0,02[a]	6,42±1,03	15,98
17	5,22±0,03	6,05±0,03	5,92±0,02	1,11±0,04	1,15±0,01	1,03±0,01	1,03±0,01	1,06±0,02	0,77±0,02	7,36±0,02[c]	8,26±0,06[a]	7,73±0,03[b]	7,78±0,45	5,81
18	2,75±0,02	3,77±0,02	4,26±0,03	1,11±0,02	1,19±0,02	0,72±0,03	0,49±0,02	0,69±0,02	0,95±0,03	4,34±0,05[c]	5,65±0,03[b]	5,93±0,07[a]	5,31±0,85	15,96
19	5,88±0,02	6,23±0,03	5,89±0,02	1,16±0,02	1,48±0,02	1,06±0,03	0,86±0,01	0,96±0,02	0,88±0,02	7,91±0,05[b]	8,67±0,02[a]	7,83±0,04[b]	8,13±0,46	5,69
20	4,24±0,03	5,05±0,03	6,04±0,02	1,19±0,02	1,56±0,02	1,07±0,02	0,56±0,01	0,81±0,03	0,66±0,02	5,99±0,04[c]	7,42±0,07[b]	7,77±0,01[a]	7,06±0,94	13,37
21	4,95±0,02	3,91±0,08	5,15±0,03	1,18±0,03	1,18±0,03	0,85±0,02	1,03±0,02	1,06±0,04	1,02±0,02	7,17±0,05[a]	6,15±0,14[c]	7,02±0,02[b]	6,78±0,05	8,14

Continuação	CQA (g/100g)			FQA (g/100g)			diCQA(g/100g)			CGA total (g/100g)				
Genótipo	***Safra 1***	***Safra 2***	***Safra 3***	***Safra 1***	***Safra 2***	***Safra 3***	***Safra 1***	***Safra 2***	***Safra 3***	***Safra 1***	***Safra 2***	***Safra 3***	***Média****	***CV (%)***
22	4,63±0,04	4,29±0,03	5,29±0,07	1,22±0,02	1,13±0,02	0,80±0,02	0,96±0,02	1,00±0,02	0,97±0,02	6,80±0,05[b]	6,42±0,05[c]	7,06±0,10[a]	6,76±0,32	4,78
23	4,64±0,02	5,01±0,03	5,03±0,03	1,28±0,01	1,37±0,03	0,96±0,01	0,99±0,01	1,03±0,02	0,91±0,03	6,90±0,01[b]	7,41±0,06[a]	6,91±0,07[b]	7,07±0,29	4,12
24	6,16±0,03	6,21±0,04	6,77±0,02	1,39±0,01	1,85±0,05	0,92±0,03	1,05±0,01	1,10±0,03	1,13±0,03	**8,60±0,02**[c]	**9,16±0,08**[a]	**8,83±0,08**[b]	8,86±0,28	3,17
25	3,80±0,03	4,18±0,03	5,08±0,03	0,99±0,03	1,21±0,06	0,74±0,02	0,50±0,02	0,45±0,02	0,93±0,02	5,30±0,02[c]	5,85±0,02[b]	6,75±0,02[a]	5,97±0,74	12,32
26	4,56±0,04	5,17±0,02	5,55±0,02	1,48±0,02	1,71±0,03	1,43±0,03	1,03±0,02	1,06±0,02	0,87±0,03	7,07±0,05[b]	7,94±0,05[a]	7,85±0,04[a]	7,62±0,48	6,33
27	5,14±0,05	5,81±0,03	5,99±0,04	1,52±0,03	1,79±0,02	1,16±0,01	0,94±0,02	0,94±0,04	0,94±0,03	7,60±0,04[c]	8,54±0,09[a]	8,09±0,04[b]	8,08±0,47	5,81
28	2,82±0,03	3,63±0,02	5,44±0,02	1,16±0,02	1,17±0,02	1,42±0,02	1,53±0,02	1,65±0,02	0,84±0,01	5,51±0,04[c]	6,45±0,06[b]	7,70±0,02[a]	6,55±1,10	16,75
29	5,52±0,02	5,95±0,04	7,02±0,03	1,08±0,00	1,10±0,02	0,99±0,03	2,03±0,03	2,04±0,04	1,15±0,03	**8,62±0,02**[b]	**9,09±0,01**[a]	**9,16±0,08**[a]	8,96±0,29	3,27
30	5,24±0,04	4,26±0,02	5,12±0,03	1,28±0,02	1,20±0,03	1,16±0,02	1,04±0,01	1,00±0,02	0,94±0,02	7,56±0,03[a]	6,46±0,03[c]	7,22±0,03[b]	7,08±0,56	7,96
31	5,89±0,03	6,12±0,02	6,72±0,02	1,02±0,02	1,05±0,02	1,16±0,04	1,15±0,01	1,12±0,02	1,26±0,01	**8,05±0,03**[c]	**8,29±0,02**[b]	**9,14±0,02**[a]	8,49±0,57	6,72
32	4,61±0,06	5,86±0,02	5,53±0,04	1,07±0,02	1,13±0,02	1,24±0,01	0,93±0,01	0,97±0,01	1,12±0,01	6,61±0,07[b]	7,97±0,01[a]	7,89±0,03[a]	7,49±0,76	10,15
33	6,53±0,02	7,24±0,02	6,94±0,03	1,02±0,02	1,03±0,02	1,02±0,02	1,17±0,02	1,12±0,02	1,15±0,03	**8,72±0,06**[c]	**9,39±0,04**[a]	**9,11±0,06**[b]	9,07±0,34	3,73
34	4,39±0,04	4,04±0,04	5,25±0,04	1,13±0,02	0,95±0,03	0,92±0,03	0,74±0,02	0,96±0,02	0,93±0,02	6,26±0,03[b]	5,95±0,04[c]	7,10±0,07[a]	6,44±0,59	9,18
35	5,40±0,05	4,11±0,03	5,45±0,09	0,82±0,01	0,83±0,02	0,71±0,02	0,88±0,02	1,05±0,03	0,87±0,02	7,11±0,01[a]	5,99±0,05 [b]	7,03±0,04[a]	6,71±0,62	9,27
36	4,74±0,02	4,05±0,02	5,04±0,04	1,45±0,02	1,36±0,02	1,15±0,03	0,74±0,02	0,79±0,01	0,93±0,01	6,93±0,02[b]	6,20±0,02[c]	7,13±0,08[a]	6,75±0,49	7,22
37	5,86±0,03	5,86±0,04	6,28±0,05	1,09±0,02	1,05±0,03	0,96±0,02	1,55±0,02	1,65±0,03	1,14±0,02	**8,49±0,03**[a]	**8,55±0,03**[a]	**8,37±0,06**[b]	8,47±0,09	1,08
38	5,84±0,05	5,64±0,04	6,52±0,02	1,04±0,02	1,03±0,02	0,94±0,03	1,27±0,03	1,80±0,02	1,11±0,01	**8,14±0,01**[c]	**8,47±0,03**[b]	**8,58±0,05**[a]	8,40±0,23	2,70
39	4,24±0,02	4,35±0,02	4,47±0,03	1,30±0,02	1,36±0,03	1,11±0,02	0,52±0,01	0,69±0,03	1,23±0,03	6,06±0,05[c]	6,40±0,06[b]	6,81±0,04[a]	6,42±0,38	5,84
40	4,74±0,04	4,94±0,04	4,76±0,03	1,03±0,02	1,12±0,01	0,95±0,01	1,08±0,02	1,15±0,03	1,19±0,03	6,85±0,04[b]	7,21±0,03[a]	6,90±0,03[b]	6,99±0,20	2,79
41	5,23±0,04	5,16±0,02	6,24±0,03	1,26±0,03	1,14±0,03	1,25±0,01	1,00±0,02	1,06±0,02	1,07±0,02	7,49±0,07[b]	7,36±0,05[c]	8,55±0,02[a]	7,80±0,65	8,39
42	5,20±0,04	5,22±0,06	5,09±0,03	1,19±0,04	0,68±0,01	0,88±0,02	0,83±0,02	0,76±0,03	1,05±0,01	6,22±0,08[c]	6,67±0,05[b]	7,01±0,05[a]	6,64±0,40	5,95

Nota: CQA (ácidos cafeoilquínicos): soma de 3-CQA (ácido 3-cafeoilquínico), 4-CQA (ácido 4-cafeoilquínico) e 5-CQA (ácido 5-cafeoilquínico); FQA (ácidos feruloilquínicos): soma de 3-FQA (ácido 3-feruloilquínico) + 4-FQA (ácido 4-feruloilquínico) e 5-FQA (ácido 5-feruloilquínico); diCQA (ácidos dicafeoilquínicos):soma de 3,4-diCQA (ácido 3,4-dicafeoilquínico), 3,5-diCQA (ácido 3,5-dicafeoilquínico) e 4,5-diCQA (ácido 4,5-dicafeoilquínico). CGA totais: soma de CQA + FQA + diCQA. *Média dos teores de CGA total das 3 safras consecutivas. CV: coeficiente de variação. Diferentes letras em cada linha indicam diferença estatística entre as safras para cada genótipo (ANOVA, $p < 0,005$). Valores em negrito são sugestivos de genótipos que se destacaram em relação aos elevados teores de CGA.

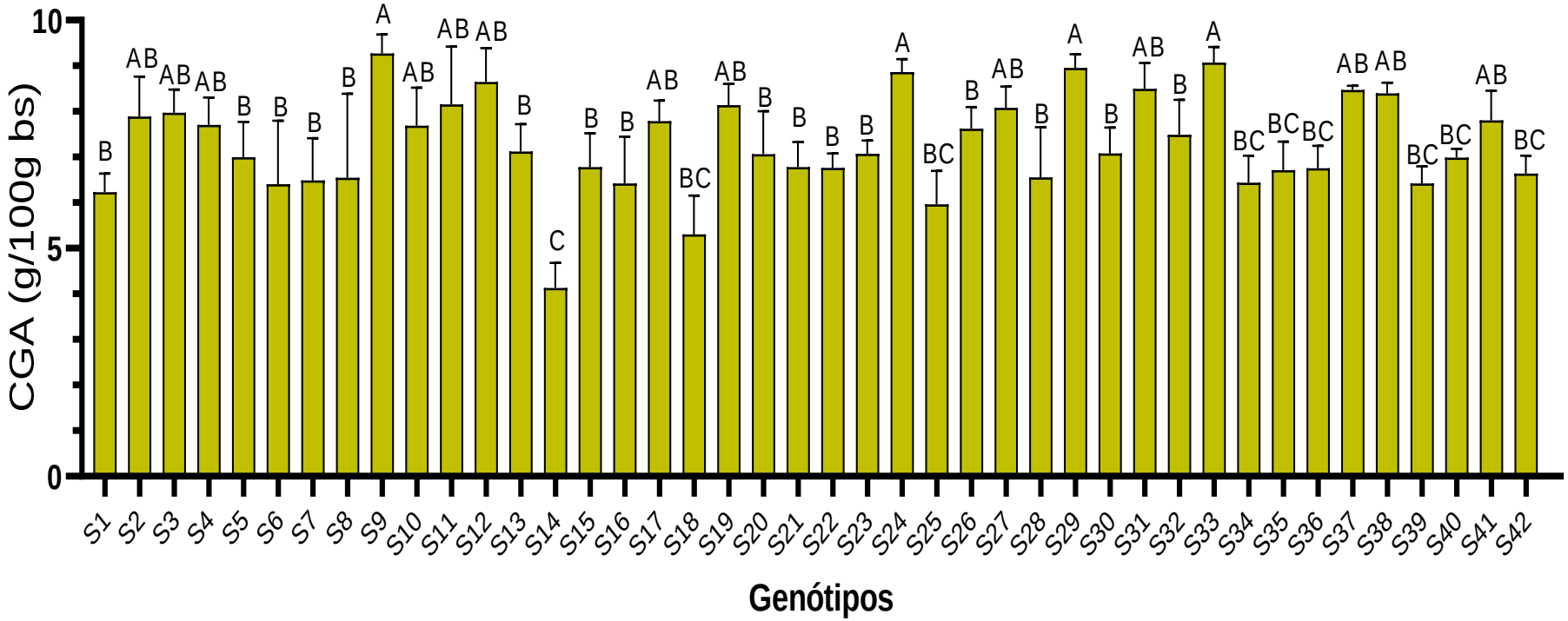

Figura 18: Teores médios de CGA das sementes (S) de novos genótipos de *C. canephora*, provenientes de três safras consecutivas (2018, 2019 e 2020). Diferentes letras sobre as barras indicam diferença estatística entre os genótipos (ANOVA, $p < 0,005$).

Tabela 11: Teores de ácidos clorogênicos em cascas de frutos de novos genótipos de *C. canephora* originados da variedade conilon, provenientes de três safras consecutivas (2018, 2019 e 2020).

	CQA (g/100g)			FQA (g/100g)			diCQA (g/100g)			CGA totais (g/100g)				
Genótipo	***Safra 1***	***Safra 2***	***Safra 3***	***Safra 1***	***Safra 2***	***Safra 3***	***Safra 1***	***Safra 2***	***Safra 3***	***Safra 1***	***Safra 2***	***Safra 3***	***Média****	***CV (%)***
1	0,38±0,02	0,54±0,04	0,55±0,01	0,04±0,01	0,05±0,01	0,06±0,02	0,29±0,01	0,36±0,02	0,40±0,02	0,72±0,02^{b}	0,95±0,05^{a}	1,01±0,02^{a}	0,89±0,15	17,13
2	0,52±0,03	0,44±0,02	0,43±0,02	0,05±0,01	0,06±0,01	0,07±0,01	0,40±0,01	0,35±0,03	0,30±0,02	0,97±0,05^{a}	0,85±0,03^{b}	0,80±0,05^{b}	0,87±0,09	10,08
3	0,32±0,02	0,29±0,02	0,31±0,03	0,03±0,01	0,04±0,00	0,04±0,01	0,44±0,01	0,44±0,02	0,33±0,01	0,79±0,02^{a}	0,77±0,03^{a}	0,68±0,02^{b}	0,75±0,05	7,29
4	0,64±0,01	0,74±0,02	0,81±0,01	0,06±0,01	0,07±0,01	0,07±0,01	0,47±0,02	0,56±0,02	0,50±0,01	**1,16±0,03**^{b}	**1,37±0,05**^{a}	**1,38±0,01**^{a}	1,30±0,12	9,46
5	0,60±0,01	0,79±0,01	0,73±0,02	0,06±0,01	0,08±0,01	0,06±0,02	0,41±0,03	0,43±0,02	0,32±0,01	1,06±0,02^{b}	1,30±0,03^{a}	1,12±0,05^{b}	1,16±0,03	10,82
6	0,44±0,03	0,53±0,02	0,34±0,02	0,05±0,01	0,09±0,01	0,09±0,01	0,20±0,02	0,37±0,02	0,32±0,01	0,68±0,03^{b}	0,98±0,04^{a}	1,05±0,02^{a}	0,91±0,20	21,72
7	0,35±0,01	0,37±0,01	0,36±0,02	0,03±0,00	0,07±0,02	0,07±0,02	0,20±0,02	0,27±0,02	0,26±0,01	0,58±0,01^{b}	0,71±0,03^{a}	0,68±0,04^{a}	0,66±0,07	10,34
8	0,59±0,03	0,68±0,02	0,88±0,03	0,07±0,01	0,10±0,01	0,12±0,02	0,36±0,01	0,39±0,02	0,48±0,02	**1,03±0,03**^{c}	**1,17±0,04**^{b}	**1,48±0,02**^{a}	1,23±0,23	18,78
9	0,32±0,01	0,48±0,03	0,73±0,02	0,03±0,00	0,05±0,01	0,15±0,01	0,18±0,01	0,28±0,02	0,38±0,01	0,53±0,01^{c}	0,81±0,05^{b}	1,27±0,02^{a}	0,87±0,37	42,47
10	0,45±0,02	0,47±0,02	0,68±0,02	0,05±0,00	0,07±0,00	0,13±0,02	0,43±0,02	0,46±0,03	0,52±0,01	0,93±0,04^{b}	1,00±0,03^{b}	1,32±0,01^{a}	1,08±0,21	19,34
11	0,28±0,01	0,47±0,03	0,49±0,02	0,05±0,01	0,08±0,01	0,09±0,01	0,17±0,01	0,27±0,02	0,30±0,02	0,50±0,01^{b}	0,82±0,06^{a}	0,88±0,03^{a}	0,73±0,20	27,80
12	0,48±0,01	0,56±0,02	0,61±0,03	0,05±0,00	0,09±0,01	0,09±0,01	0,53±0,01	0,61±0,02	0,45±0,03	1,05±0,02^{c}	1,26±0,01^{a}	1,15±0,04^{b}	1,16±0,10	9,04
13	0,43±0,01	0,56±0,03	0,57±0,02	0,04±0,01	0,04±0,01	0,09±0,01	0,44±0,01	0,64±0,03	0,54±0,04	0,91±0,01^{c}	1,25±0,00^{a}	1,19±0,03^{b}	1,12±0,18	15,99
14	0,41±0,01	0,44±0,02	0,52±0,02	0,04±0,00	0,08±0,02	0,11±0,01	0,23±0,01	0,30±0,03	0,32±0,02	0,69±0,01^{c}	0,82±0,01^{b}	0,95±0,03^{a}	0,82±0,13	15,73
15	0,55±0,01	0,56±0,02	0,56±0,02	0,05±0,01	0,08±0,01	0,08±0,01	0,39±0,01	0,49±0,04	0,41±0,01	0,98±0,02^{c}	1,13±0,03^{a}	1,05±0,01^{b}	1,06±0,07	6,94
16	0,40±0,01	0,34±0,02	0,45±0,03	0,04±0,00	0,04±0,02	0,06±0,02	0,18±0,01	0,17±0,02	0,19±0,02	0,62±0,01^{b}	0,55±0,06^{b}	0,71±0,03^{a}	0,63±0,08	12,31
17	0,38±0,02	0,38±0,02	0,41±0,02	0,03±0,00	0,05±0,00	0,09±0,01	0,19±0,01	0,19±0,03	0,21±0,02	0,60±0,02^{b}	0,62±0,05^{ab}	0,71±0,04^{a}	0,64±0,06	9,14
18	0,36±0,02	0,26±0,01	0,36±0,01	0,05±0,01	0,07±0,01	0,10±0,01	0,15±0,01	0,16±0,02	0,24±0,02	0,57±0,02^{b}	0,48±0,03^{c}	0,69±0,04^{a}	0,58±0,11	18,42
19	0,27±0,01	0,27±0,02	0,30±0,03	0,04±0,00	0,04±0,01	0,05±0,01	0,16±0,01	0,16±0,01	0,20±0,01	0,46±0,00^{b}	0,47±0,04^{b}	0,55±0,03^{a}	0,50±0,05	10,13
20	0,36±0,01	0,37±0,03	0,38±0,02	0,05±0,00	0,05±0,01	0,10±0,01	0,31±0,01	0,29±0,03	0,30±0,02	0,71±0,02^{a}	0,72±0,05^{a}	0,78±0,04^{a}	0,74±0,04	5,29
21	0,29±0,02	0,34±0,02	0,31±0,02	0,02±0,00	0,09±0,00	0,11±0,00	0,35±0,01	0,37±0,02	0,24±0,02	0,66±0,02^{b}	0,80±0,03^{a}	0,67±0,05^{b}	0,71±0,08	11,31

Continuação	CQA (g/100g)			FQA (g/100g)			diCQA (g/100g)			CGA totais (g/100g)				
Genótipo	***Safra 1***	***Safra 2***	***Safra 3***	***Safra 1***	***Safra 2***	***Safra 3***	***Safra 1***	***Safra 2***	***Safra 3***	***Safra 1***	***Safra 2***	***Safra 3***	***Média****	***CV (%)***
22	0,25±0,02	0,22±0,01	0,33±0,02	0,04±0,01	0,08±0,01	0,09±0,01	0,20±0,01	0,25±0,02	0,25±0,01	0,48±0,03^{c}	0,55±0,04^{b}	0,67±0,02^{a}	0,57±0,09	16,68
23	0,27±0,02	0,27±0,03	0,24±0,03	0,02±0,01	0,06±0,01	0,08±0,01	0,15±0,01	0,19±0,02	0,16±0,01	0,43±0,01^{b}	0,52±0,05^{a}	0,48±0,03^{b}	0,48±0,04	9,30
24	0,37±0,01	0,51±0,02	0,53±0,02	0,04±0,00	0,07±0,01	0,08±0,00	0,24±0,01	0,34±0,04	0,30±0,02	0,65±0,01^{b}	0,92±0,07^{a}	0,91±0,01^{a}	0,83±0,16	18,79
25	0,44±0,01	0,45±0,03	0,49±0,02	0,05±0,00	0,08±0,01	0,10±0,01	0,15±0,01	0,21±0,03	0,23±0,02	0,65±0,02^{c}	0,75±0,07^{b}	0,82±0,05^{a}	0,74±0,09	11,63
26	0,50±0,01	0,55±0,01	0,72±0,03	0,06±0,02	0,06±0,01	0,09±0,01	0,27±0,01	0,36±0,03	0,46±0,02	0,83±0,04^{c}	0,96±0,04^{b}	1,27±0,05^{a}	1,02±0,22	21,83
27	0,40±0,01	0,44±0,02	0,46±0,02	0,05±0,00	0,05±0,01	0,06±0,00	0,26±0,01	0,36±0,02	0,32±0,02	0,71±0,02^{c}	0,86±0,04^{a}	0,84±0,03^{b}	0,80±0,08	9,73
28	0,38±0,01	0,55±0,03	0,57±0,02	0,05±0,00	0,07±0,01	0,08±0,01	0,23±0,01	0,35±0,02	0,42±0,02	0,66±0,00^{c}	0,96±0,02^{b}	1,07±0,01^{a}	0,90±0,22	24,10
29	0,62±0,02	0,72±0,02	0,71±0,02	0,14±0,02	0,09±0,01	0,10±0,01	0,75±0,01	0,84±0,02	0,64±0,02	**1,51±0,01**^{b}	**1,65±0,04**^{a}	**1,45±0,03**^{c}	1,54±0,10	6,67
30	0,47±0,01	0,57±0,02	0,54±0,03	0,06±0,00	0,08±0,02	0,09±0,01	0,27±0,01	0,37±0,02	0,43±0,03	0,80±0,02^{b}	1,02±0,06^{a}	1,06±0,05^{a}	0,96±0,14	14,46
31	0,70±0,02	0,75±0,02	0,64±0,02	0,09±0,02	0,10±0,01	0,10±0,01	0,64±0,03	0,74±0,01	0,53±0,01	**1,43±0,04**^{b}	**1,59±0,02**^{a}	**1,27±0,02**^{c}	1,43±0,16	10,95
32	0,89±0,03	0,76±0,03	0,67±0,02	0,05±0,00	0,06±0,01	0,07±0,01	0,59±0,02	0,56±0,02	0,51±0,02	**1,54±0,02**^{a}	**1,39±0,05**^{b}	**1,24±0,03**^{c}	1,39±0,15	10,65
33	0,31±0,01	0,44±0,01	0,48±0,01	0,04±0,00	0,05±0,01	0,06±0,01	0,25±0,01	0,34±0,02	0,35±0,01	0,59±0,03^{b}	0,83±0,03^{a}	0,88±0,01^{a}	0,77±0,15	19,99
34	0,64±0,01	0,76±0,03	0,86±0,03	0,05±0,01	0,08±0,01	0,09±0,01	0,32±0,01	0,41±0,02	0,42±0,01	1,01±0,02^{c}	1,25±0,05^{b}	1,37±0,03^{a}	1,21±0,18	14,84
35	0,63±0,02	0,72±0,02	0,81±0,01	0,10±0,02	0,12±0,01	0,13±0,01	0,32±0,01	0,42±0,03	0,43±0,03	1,05±0,01^{c}	1,26±0,02^{b}	1,37±0,01^{a}	1,23±0,16	13,36
36	0,44±0,01	0,34±0,02	0,32±0,02	0,05±0,00	0,05±0,01	0,06±0,00	0,21±0,01	0,20±0,03	0,21±0,02	0,70±0,02^{a}	0,59±0,06^{b}	0,59±0,03^{b}	0,63±0,06	9,95
37	0,29±0,02	0,35±0,02	0,42±0,02	0,05±0,01	0,05±0,01	0,06±0,01	0,24±0,01	0,34±0,01	0,33±0,01	0,58±0,02^{c}	0,74±0,02^{b}	0,81±0,02^{a}	0,71±0,12	17,02
38	0,37±0,01	0,56±0,01	0,59±0,02	0,08±0,01	0,10±0,01	0,12±0,02	0,20±0,01	0,27±0,02	0,33±0,02	0,64±0,02^{c}	0,93±0,04^{b}	1,03±0,01^{a}	0,87±0,20	23,18
39	0,47±0,01	0,67±0,03	0,69±0,02	0,05±0,01	0,06±0,01	0,07±0,02	0,26±0,01	0,35±0,02	0,28±0,02	0,79±0,02^{b}	1,07±0,04^{a}	1,03±0,04^{a}	0,96±0,15	16,05
40	0,49±0,01	0,69±0,02	0,72±0,03	0,05±0,00	0,06±0,01	0,07±0,02	0,56±0,01	0,76±0,03	0,71±0,02	**1,10±0,01**^{b}	**1,51±0,05**^{a}	**1,49±0,03**^{a}	1,37±0,23	16,86
41	0,51±0,01	0,60±0,03	0,61±0,01	0,06±0,00	0,07±0,01	0,10±0,01	0,42±0,02	0,55±0,03	0,52±0,02	0,99±0,03^{b}	1,22±0,01^{a}	1,24±0,02^{a}	1,15±0,14	11,81
42	0,53±0,01	0,74±0,02	0,84±0,02	0,07±0,02	0,06±0,01	0,07±0,02	0,34±0,01	0,44±0,01	0,41±0,02	0,94±0,02^{c}	1,23±0,03^{b}	1,32±0,03^{a}	1,16±0,20	17,82

Nota: CQA (ácidos cafeoilquínicos): soma de 3-CQA (ácido 3-cafeoilquínico), 4-CQA (ácido 4-cafeoilquínico) e 5-CQA (ácido 5-cafeoilquínico); FQA (ácidos feruloilquínicos): soma de 4-FQA (ácido 4-feruloilquínico) e 5-FQA (ácido 5-feruloilquínico); diCQA (ácidos dicafeoilquínicos):soma de 3,4-diCQA (ácido 3,4-dicafeoilquínico), 3,5-diCQA (ácido 3,5-dicafeoilquínico) e 4,5-diCQA (ácido 4,5-dicafeoilquínico). CGA totais: soma de CQA + FQA + diCQA. *Média dos teores de CGA total das 3 safras consecutivas. CV: coeficiente de variação. Diferentes letras em cada linha indicam diferença estatística entre as safras para cada genótipo (ANOVA, $p < 0,005$). Valores em negrito são sugestivos de genótipos que se destacaram em relação aos elevados teores de CGA.

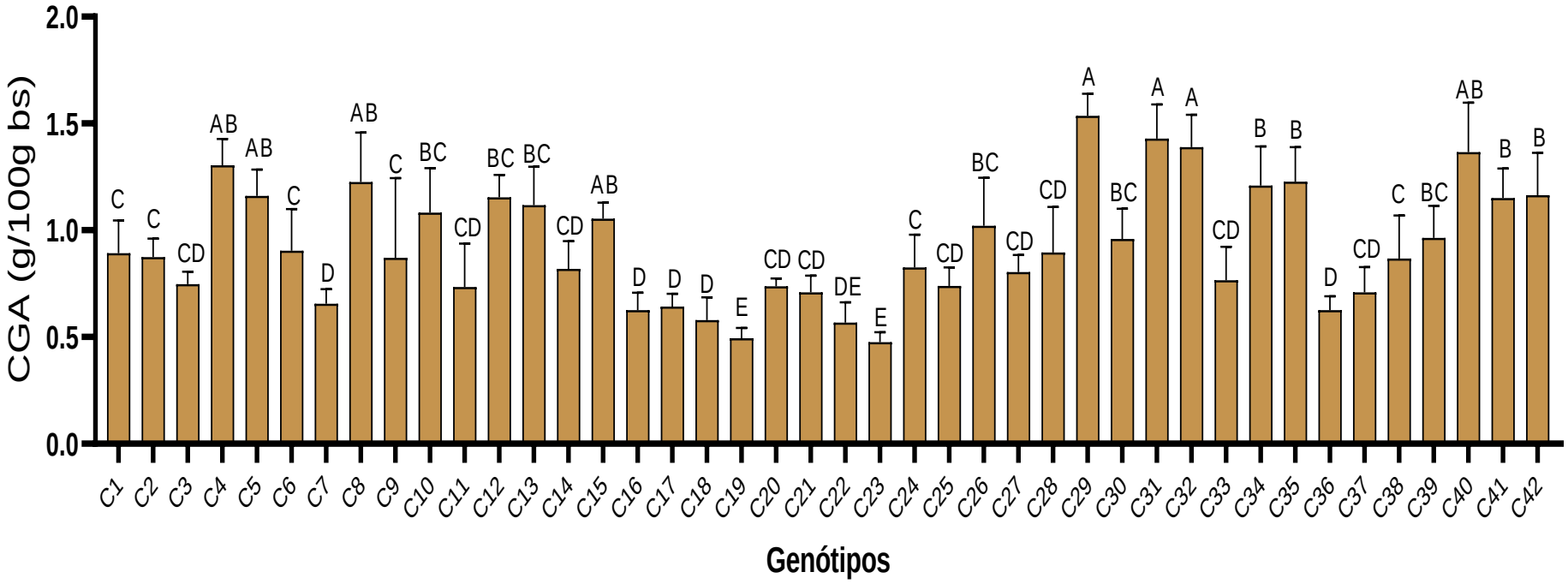

Figura 19: Teores médios de CGA das cascas de frutos (C) de novos genótipos de *C. canephora*, provenientes de três safras consecutivas (2018, 2019 e 2020). Diferentes letras sobre as barras indicam diferença estatística entre os genótipos (ANOVA, $p < 0,005$).

Tabela 12: Teores de ácidos clorogênicos em folhas de novos genótipos de *C. canephora* originados da variedade conilon, provenientes de três safras consecutivas (2018, 2019 e 2020).

Genótipo	CQA (g/100g)			FQA (g/100g)			diCQA (g/100g)			CGA totais (g/100g)				
	Safra 1	***Safra 2***	***Safra 3***	***Safra 1***	***Safra 2***	***Safra 3***	***Safra 1***	***Safra 2***	***Safra 3***	***Safra 1***	***Safra 2***	***Safra 3***	***Média****	***CV (%)***
1	1,33±0,02	1,20±0,02	1,19±0,01	0,06±0,02	0,05±0,01	0,05±0,02	0,18±0,01	0,18±0,02	0,19±0,01	1,57±0,01[a]	1,44±0,03[b]	1,43±0,03[b]	1,48±0,08	5,18
2	0,81±0,01	0,71±0,02	1,04±0,02	0,03±0,01	0,02±0,00	0,03±0,01	0,13±0,01	0,17±0,02	0,13±0,02	0,97±0,01[b]	0,91±0,01[c]	1,20±0,03[a]	1,03±0,15	14,81
3	1,07±0,00	1,04±0,03	1,19±0,02	0,02±0,01	0,02±0,00	0,10±0,01	0,24±0,01	0,26±0,01	0,21±0,01	1,31±0,01[b]	1,31±0,03[b]	1,50±0,02[a]	1,37±0,11	7,74
4	1,27±0,01	1,29±0,05	1,57±0,02	0,06±0,01	0,06±0,01	0,06±0,01	0,23±0,01	0,24±0,01	0,22±0,01	**1,56±0,01**[b]	**1,59±0,07**[b]	**1,86±0,02**[a]	1,67±0,16	9,71
5	1,48±0,02	1,56±0,02	1,67±0,01	0,05±0,01	0,05±0,01	0,06±0,01	0,17±0,01	0,20±0,01	0,21±0,01	**1,70±0,02**[c]	**1,81±0,03**[b]	**1,94±0,02**[a]	1,82±0,12	6,67
6	0,93±0,02	1,05±0,03	1,24±0,03	0,01±0,00	0,00±0,00	0,05±0,01	0,08±0,00	0,11±0,01	0,10±0,00	1,01±0,02[c]	1,16±0,03[b]	1,40±0,03[a]	1,19±0,20	16,49
7	1,01±0,01	0,90±0,03	1,06±0,02	0,02±0,01	0,01±0,00	0,03±0,00	0,13±0,01	0,18±0,02	0,21±0,01	1,16±0,00[b]	1,09±0,05[c]	1,30±0,02[a]	1,18±0,11	9,01
8	0,82±0,01	0,90±0,03	0,97±0,01	0,06±0,01	0,06±0,01	0,05±0,00	0,27±0,01	0,31±0,02	0,14±0,02	1,15±0,01[b]	1,27±0,03[a]	1,16±0,04[b]	1,19±0,07	5,85
9	0,87±0,02	0,92±0,02	1,02±0,01	0,03±0,01	0,03±0,00	0,06±0,01	0,13±0,01	0,17±0,02	0,14±0,01	1,03±0,02[c]	1,13±0,02[b]	1,22±0,02[a]	1,13±0,10	8,50
10	1,69±0,01	1,82±0,02	1,80±0,01	0,07±0,01	0,07±0,00	0,08±0,01	0,21±0,01	0,24±0,02	0,17±0,02	**1,97±0,02**[c]	**2,13±0,03**[b]	**2,05±0,02**[a]	2,05±0,08	3,73
11	1,24±0,02	1,33±0,03	1,57±0,02	0,08±0,01	0,08±0,00	0,06±0,01	0,23±0,01	0,26±0,02	0,15±0,01	**1,54±0,03**[c]	**1,68±0,02**[b]	**1,78±0,01**[a]	1,67±0,12	7,00
12	0,71±0,01	0,83±0,01	1,06±0,02	0,03±0,00	0,03±0,00	0,06±0,01	0,13±0,01	0,18±0,01	0,14±0,02	0,87±0,02[c]	1,04±0,02[b]	1,26±0,05[a]	1,06±0,20	18,70
13	1,44±0,01	1,65±0,02	1,18±0,02	0,05±0,00	0,05±0,00	0,08±0,00	0,24±0,01	0,31±0,03	0,24±0,02	1,73±0,01[b]	2,01±0,03[a]	1,50±0,04[c]	1,75±0,25	14,56
14	1,39±0,02	1,52±0,03	1,40±0,02	0,04±0,01	0,04±0,00	0,06±0,02	0,16±0,00	0,21±0,02	0,19±0,01	**1,59±0,02**[b]	**1,77±0,02**[a]	**1,65±0,04**[b]	1,67±0,09	5,62
15	0,91±0,01	1,11±0,01	1,17±0,01	0,03±0,01	0,03±0,00	0,05±0,01	0,16±0,01	0,20±0,02	0,17±0,02	1,11±0,01[c]	1,34±0,02[b]	1,39±0,02[a]	1,28±0,15	11,82
16	0,88±0,01	0,95±0,02	1,07±0,02	0,04±0,00	0,04±0,00	0,05±0,01	0,09±0,00	0,12±0,02	0,14±0,01	1,01±0,01[c]	1,11±0,01[b]	1,27±0,04[a]	1,13±0,13	11,58
17	0,91±0,01	1,02±0,02	1,08±0,02	0,01±0,00	0,01±0,00	0,07±0,02	0,08±0,00	0,12±0,02	0,17±0,01	0,99±0,01[c]	1,15±0,03[b]	1,32±0,04[a]	1,15±0,17	14,42
18	1,02±0,01	1,11±0,03	1,23±0,02	0,05±0,01	0,06±0,00	0,05±0,01	0,15±0,01	0,19±0,02	0,11±0,01	1,22±0,03[b]	1,37±0,02[a]	1,40±0,01[a]	1,33±0,09	6,99
19	0,68±0,02	0,67±0,02	1,01±0,01	0,06±0,01	0,06±0,00	0,05±0,01	0,22±0,01	0,23±0,02	0,20±0,03	0,95±0,02[b]	0,97±0,05[b]	1,27±0,02[a]	1,06±0,18	16,63
20	0,82±0,00	0,78±0,03	1,05±0,03	0,02±0,00	0,02±0,00	0,02±0,01	0,12±0,01	0,14±0,02	0,12±0,02	0,96±0,01[b]	0,94±0,05[b]	1,19±0,02[a]	1,03±0,14	13,64
21	0,89±0,01	0,81±0,04	1,05±0,02	0,04±0,01	0,03±0,00	0,05±0,01	0,19±0,00	0,21±0,02	0,18±0,02	1,11±0,02[b]	1,05±0,07[b]	1,29±0,05[a]	1,15±0,12	10,52

Continuação	CQA (g/100g)			FQA (g/100g)			diCQA (g/100g)			CGA totais (g/100g)				
Genótipo	***Safra 1***	***Safra 2***	***Safra 3***	***Safra 1***	***Safra 2***	***Safra 3***	***Safra 1***	***Safra 2***	***Safra 3***	***Safra 1***	***Safra 2***	***Safra 3***	***Média****	***CV (%)***
22	0,87±0,01	0,94±0,02	1,14±0,03	0,06±0,01	0,07±0,01	0,06±0,02	0,22±0,00	0,25±0,01	0,17±0,03	1,15±0,02[c]	1,26±0,01[b]	1,38±0,02[a]	1,26±0,11	9,09
23	1,31±0,01	1,41±0,02	1,63±0,04	0,06±0,01	0,08±0,01	0,05±0,01	0,20±0,01	0,24±0,01	0,19±0,01	**1,57±0,02[c]**	**1,73±0,02[b]**	**1,86±0,02[a]**	1,72±0,15	8,46
24	1,02±0,02	1,00±0,03	1,32±0,04	0,04±0,01	0,06±0,01	0,06±0,01	0,18±0,00	0,21±0,02	0,18±0,01	1,25±0,03[b]	1,27±0,07[b]	1,56±0,03[a]	1,36±0,17	12,74
25	1,51±0,01	1,15±0,03	0,92±0,03	0,07±0,00	0,09±0,01	0,06±0,01	0,22±0,01	0,23±0,02	0,20±0,02	1,80±0,02[a]	1,47±0,06[b]	1,18±0,07[c]	1,48±0,31	20,97
26	1,00±0,01	0,99±0,01	1,01±0,03	0,02±0,00	0,02±0,00	0,20±0,02	0,22±0,01	0,26±0,02	0,13±0,02	1,24±0,02[b]	1,27±0,02[b]	1,34±0,03[a]	1,28±0,05	4,08
27	0,98±0,01	0,80±0,03	1,06±0,02	0,05±0,00	0,05±0,00	0,05±0,01	0,21±0,01	0,24±0,02	0,16±0,02	1,24±0,02[a]	1,09±0,04[b]	1,27±0,02[a]	1,20±0,10	8,13
28	0,78±0,01	0,64±0,03	1,00±0,02	0,03±0,00	0,04±0,00	0,04±0,01	0,15±0,01	0,16±0,01	0,16±0,01	0,97±0,02[b]	0,84±0,03[c]	1,20±0,02[a]	1,00±0,18	18,09
29	0,85±0,02	0,91±0,02	1,06±0,01	0,02±0,00	0,02±0,00	0,05±0,01	0,11±0,01	0,13±0,01	0,14±0,01	0,99±0,03[c]	1,06±0,00[b]	1,25±0,02[a]	1,10±0,13	12,22
30	1,57±0,02	1,57±0,02	1,65±0,03	0,07±0,00	0,07±0,01	0,07±0,01	0,27±0,01	0,27±0,01	0,28±0,02	**1,90±0,02[b]**	**1,91±0,03[b]**	**2,00±0,06[a]**	1,94±0,06	2,89
31	1,21±0,0	1,22±0,01	1,34±0,03	0,07±0,01	0,07±0,00	0,16±0,01	0,25±0,01	0,25±0,01	0,19±0,01	1,53±0,01[b]	1,54±0,02[b]	1,69±0,02[a]	1,59±0,09	5,70
32	1,47±0,01	1,49±0,03	1,16±0,01	0,02±0,00	0,02±0,00	0,03±0,00	0,17±0,01	0,22±0,02	0,18±0,01	1,67±0,02 [a]	1,73±0,03[a]	1,38±0,03[b]	1,59±0,19	11,90
33	1,61±0,02	1,91±0,02	1,38±0,02	0,06±0,01	0,07±0,01	0,17±0,02	0,16±0,01	0,24±0,02	0,26±0,02	**1,83±0,01[b]**	**2,22±0,04[a]**	**1,80±0,03[b]**	1,95±0,23	11,89
34	0,96±0,01	0,98±0,02	1,00±0,03	0,06±0,00	0,07±0,00	0,06±0,02	0,23±0,01	0,26±0,01	0,22±0,03	1,25±0,01[a]	1,31±0,02[a]	1,28±0,06[a]	1,28±0,03	2,25
35	0,73±0,02	0,83±0,04	0,91±0,01	0,04±0,00	0,04±0,00	0,04±0,01	0,15±0,01	0,22±0,02	0,19±0,03	0,92±0,03[c]	1,09±0,02[b]	1,15±0,04[a]	1,05±0,12	11,37
36	1,09±0,01	1,10±0,02	1,09±0,03	0,03±0,00	0,04±0,00	0,05±0,02	0,24±0,01	0,25±0,02	0,24±0,02	1,36±0,01[a]	1,39±0,02[a]	1,38±0,04[a]	1,38±0,02	1,23
37	1,61±0,02	1,73±0,03	1,80±0,01	0,08±0,01	0,09±0,02	0,07±0,01	0,25±0,01	0,28±0,01	0,20±0,01	**1,93±0,01[b]**	**2,09±0,02[a]**	**2,07±0,01[a]**	2,03±0,09	4,25
38	1,18±0,02	1,22±0,03	1,17±0,02	0,04±0,01	0,05±0,01	0,08±0,02	0,16±0,01	0,20±0,02	0,19±0,02	1,38±0,02[b]	1,45±0,02[a]	1,44±0,03[a]	1,42±0,04	2,87
39	0,45±0,02	0,47±0,02	1,33±0,03	0,04±0,00	0,04±0,01	0,04±0,01	0,31±0,01	0,36±0,02	0,19±0,01	0,80±0,02 [c]	0,87±0,02[b]	1,56±0,03[a]	1,08±0,42	39,15
40	0,95±0,01	1,02±0,02	1,45±0,03	0,05±0,01	0,04±0,01	0,06±0,02	0,29±0,00	0,33±0,02	0,24±0,03	1,29±0,02[c]	1,39±0,01[b]	1,74±0,01[a]	1,47±0,24	16,17
41	0,95±0,01	0,74±0,02	1,13±0,02	0,03±0,00	0,03±0,00	0,03±0,00	0,18±0,01	0,20±0,02	0,18±0,02	1,03±0,03[b]	0,97±0,01[c]	1,35±0,02[a]	1,12±0,21	18,52
42	1,26±0,01	1,35±0,02	1,46±0,02	0,06±0,00	0,06±0,00	0,07±0,02	0,45±0,03	0,42±0,04	0,21±0,02	**1,77±0,03[b]**	**1,84±0,05[a]**	**1,74±0,04[b]**	1,78±0,05	2,71

Nota: CQA (ácidos cafeoilquínicos): soma de 3-CQA (ácido 3-cafeoilquínico), 4-CQA (ácido 4-cafeoilquínico) e 5-CQA (ácido 5-cafeoilquínico); FQA (ácidos feruloilquínicos): soma de 4-FQA (ácido 4-feruloilquínico) e 5-FQA (ácido 5-feruloilquínico); diCQA (ácidos dicafeoilquínicos):soma de 3,4-diCQA (ácido 3,4-dicafeoilquínico), 3,5-diCQA (ácido 3,5-dicafeoilquínico) e 4,5-diCQA (ácido 4,5-dicafeoilquínico). CGA totais: soma de CQA + FQA + diCQA. *Média dos teores de CGA total das 3 safras consecutivas. CV: coeficiente de variação. Diferentes letras em cada linha indicam diferença estatística entre as safras para cada genótipo (ANOVA, $p < 0,005$). Valores em negrito são sugestivos de genótipos que se destacaram em relação aos elevados teores de CGA.

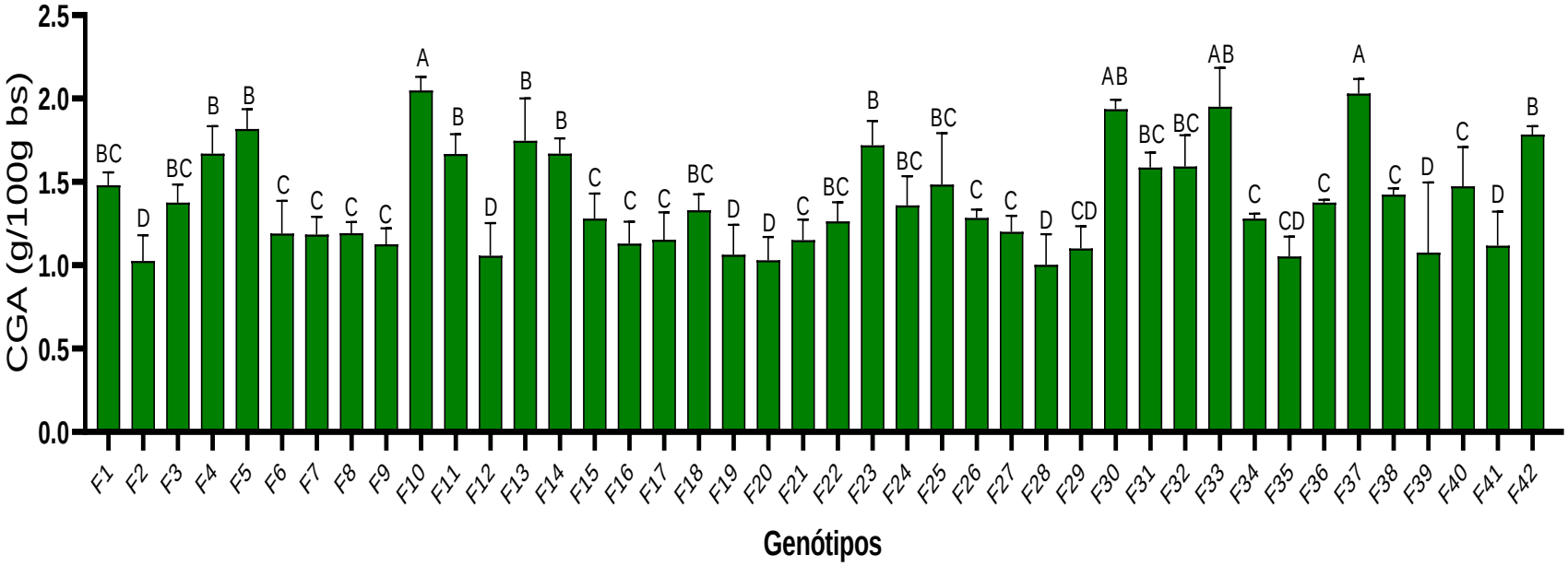

Figura 20: Teores médios de CGA das folhas (F) de novos genótipos de *C. canephora*, provenientes de três safras consecutivas (2018, 2019 e 2020). Diferentes letras sobre as barras indicam diferença estatística entre os genótipos (ANOVA, $p < 0,005$).

-

Alguns ácidos fenólicos foram também identificados e quantificados. Os ácidos cafeico, ferúlico e *p*-cumárico (que também são precursores e produtos de degradação dos CGA) foram identificados em todas as amostras de folhas, cascas de frutos e sementes avaliadas. Contabilizando todos os 3 ácidos fenólicos mencionados, as sementes, cascas de frutos e folhas apresentaram teores entre 4,15 e 22,43; 3,12 e 17,82; e 5,19 e 11,22 mg/100g bs, respectivamente. O ácido gálico foi identificado nas folhas e nas cascas de frutos, com teores variando de 1,15 a 5,12 e de 1.22 a 6,35 mg/100g bs, respectivamente. O ácido benzoico foi identificado apenas nas folhas, com teores totais variando entre 0,44 e 2,10 mg/100g bs. A presença do ácido 3,4 di-hidroxibenzoico (2,15 a 9,80 mg/100g bs) já foi relatada na literatura em polpas frescas de frutos do cafeeiro de diferentes cultivares (RAMIREZ-MARTINEZ, 1988).

6.4 Potencial bioativo dos novos genótipos de sementes, cascas de frutos e folhas de C. canephora originados da variedade conilon

A partir da análise multivariada dos teores de compostos bioativos, foram gerados mapas de calor para sementes, cascas e folhas dos genótipos investigados, indicando os cultivares com teores importantes de cafeína e CGA (**Figuras 21** a **23**).

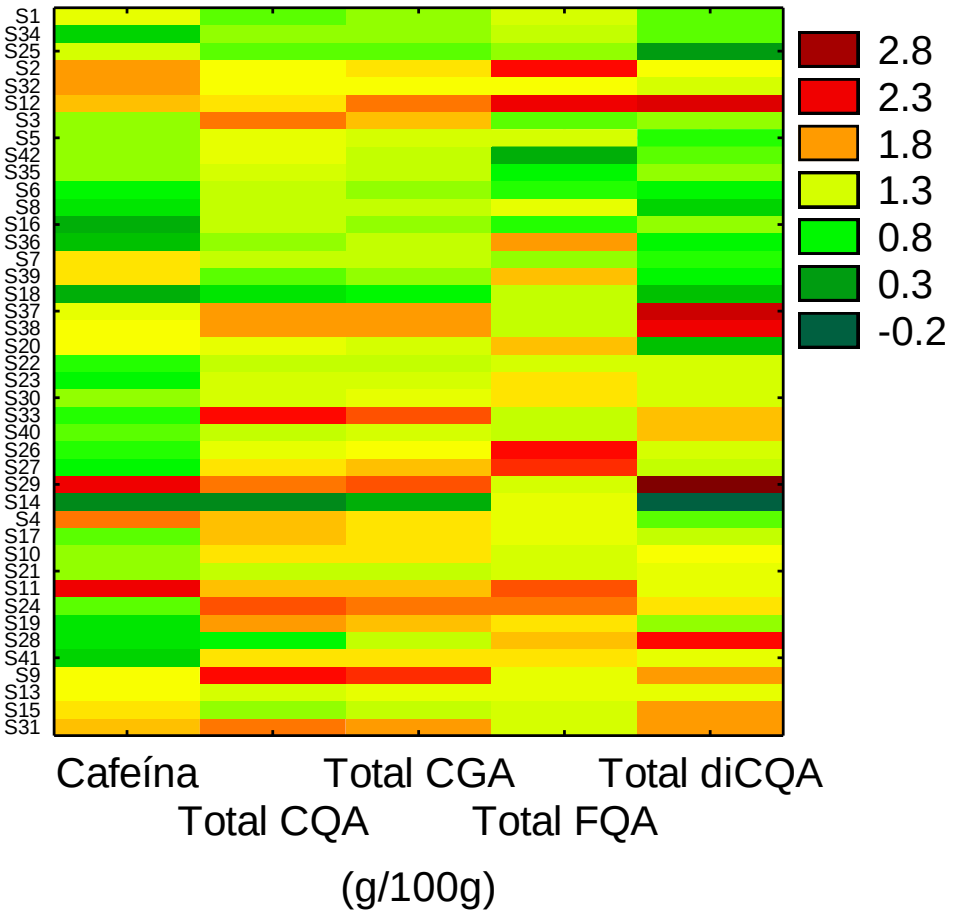

Figura 21: Mapa de calor gerado a partir da análise multivariada, indicando os cultivares contendo teores importantes de cafeína e CGA em sementes dos novos genótipos de *C. canephora* investigados.

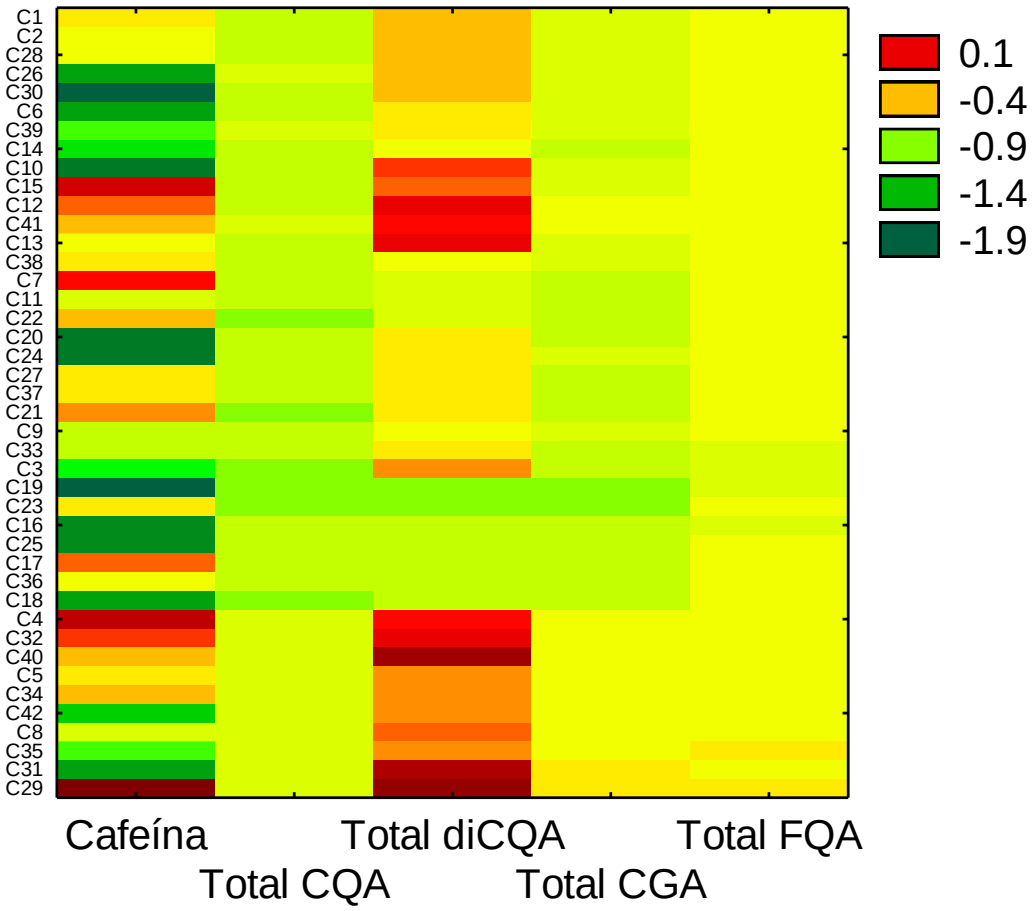

Figura 22: Mapa de calor gerado a partir da análise multivariada, indicando os cultivares contendo teores importantes de cafeína e CGA em cascas de frutos dos novos genótipos de *C. canephora* investigados.

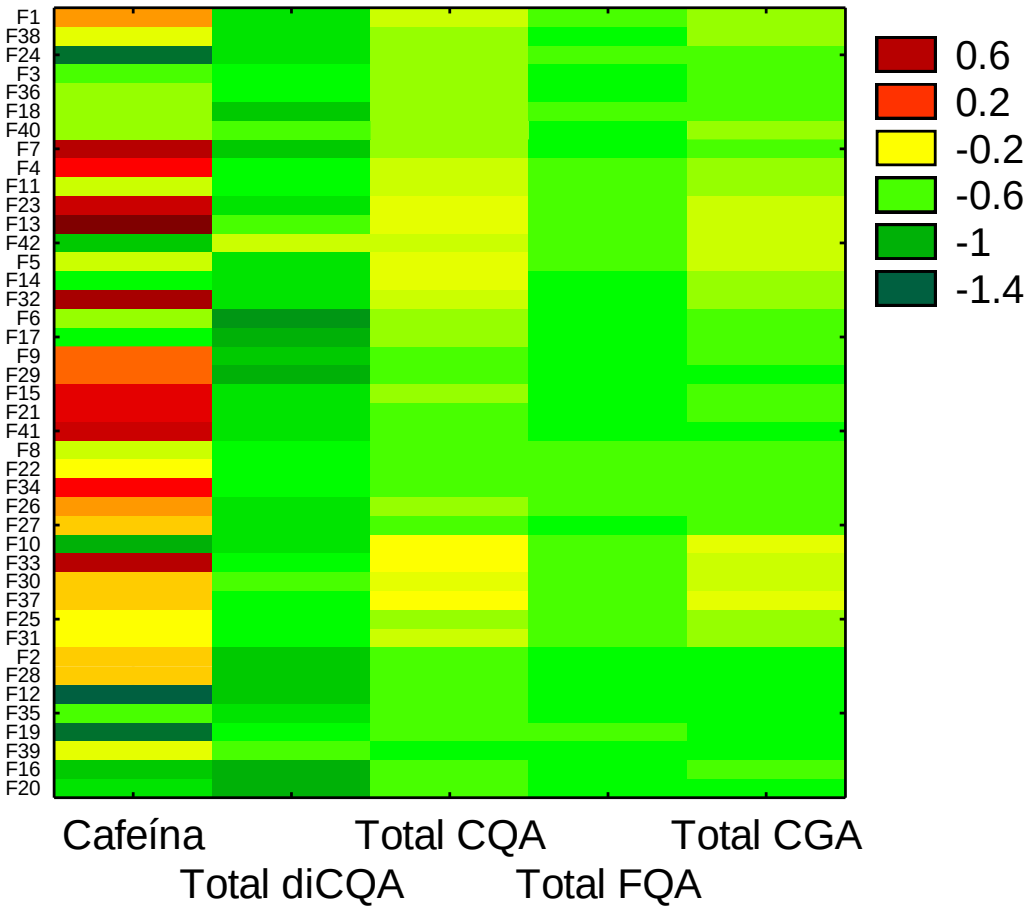

Figura 23: Mapa de calor gerado a partir da análise multivariada, indicando os cultivares contendo teores importantes de cafeína e CGA em folhas dos novos genótipos de *C. canephora* investigados.

Observa-se, através da análise das figuras 21 a 23, uma grande variabilidade nos teores de cafeína e CGA entre sementes, com cores intensas distribuídas por todo o mapa. Em contrapartida, ao analisar os mapas referentes às folhas e cascas, cores mais intensas são observadas para teores elevados de cafeína e dos isômeros de diCQA, com ênfase para as cascas. Indicando que os teores elevados de cafeína e diCQA são características discriminativas para cascas e folhas de alguns dos genótipos analisados, enquanto os demais isômero de CGA apresentam homogeneidade.

As sementes, cascas de frutos e folhas que apresentaram elevados teores de cafeína e CGA, de forma consistente, nas 3 safras consecutivas avaliadas podem ser

considerados para seleção e registro de novas cultivares. Esses possíveis genótipos promissores estão apresentados na **Tabela 13**.

Tabela 13: Sementes, cascas de frutos e folhas de novos genótipos de *Coffea canephora* que se destacaram em relação aos elevados teores de sólidos solúveis, cafeína e CGA, nas 3 safras consecutivas.

	Genótipos que apresentaram elevados teores de sólidos solúveis (º Brix)	**Genótipos que apresentaram elevados teores de cafeína (g/100g bs)**	**Genótipos que apresentaram elevados teores de CGA totais (g/100g bs)**
Sementes	9, 12, 17, 24, 26, 29, 33	11,29	9, 24, 29, 33
Cascas de frutos	-	4, 7, 15, 29	29, 31, 32
Folhas	-	7, 13, 32, 33	10, 37

Sementes

O consumo regular de cafeína em doses moderadas (até 400mg/dia, o equivalente a 3-4 xícaras de 100mL de café/dia), têm sido associado à prevenção de doenças crônicas e neurodegenerativas, como diabetes, câncer, *Parkinson* e *Alzheimer* (LIMA; FARAH, 2019). Essa correlação se dá devido ao seu potencial antioxidante e antiinflamatório, inibindo respostas inflamatórias e a produção de radicais livres (HWANG et al., 2016). Por esse motivo, os genótipos que apresentaram elevados teores de cafeína podem ser explorados e valorizados como matrizes para elaborar bebidas com maiores teores desse composto bioativo.

Os elevados teores de sólidos solúveis desses genótipos também são, conjuntamente, um fator importante para atender a demanda de mercado para a produção de café solúvel. Dados recentes da Associação Brasileira da Indústria de Cafés Solúveis (ABICS) revelam que, em 2019, o Brasil, maior produtor mundial de café

solúvel, exportou 91.963 toneladas, quantidade recorde que equivale a 4 milhões de sacas de 60kg. Os destinos principais foram os Estados Unidos, Rússia, Indonésia e Japão (ABICS, 2020). Além disso, na tentativa de ampliar o consumo e atrair consumidores brasileiros, estão sendo lançadas estratégias de promoção e *marketing* para difundir a qualidade, praticidade e versatilidade do café solúvel (ABICS, 2020).

Um estudo prévio que avaliou os teores de CGA de sementes de quatro cultivares de *C. arabica*, provenientes de quatro ou cinco safras, mostrou variações significativas nos teores totais quando diferentes anos foram comparados (MONTEIRO; FARAH, 2012). No estudo, os autores não recomendaram a escolha de cultivares com base nos teores de CGA com apenas uma única safra sugerindo que duas ou três, consecutivas, sejam avaliadas.

A partir dos teores de sólidos solúveis e CGA determinados nas sementes (safras de 2018 e 2019) foi solicitado e concedido o pedido de registro de cultivar pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Estabelecimento (MAPA). A cultivar SALUTAR é composta por cinco genótipos: Graudão HP (genótipo 9), Tardio V (genótipo 12), Z 37 (genótipo 24), Tardio C (genótipo 29) e Emcapa 02 (genótipo 33) e apresenta teor médio de sólidos solúveis de 4,53 ºBrix e teor médio de CGA totais de 9,02 g/100g.

Além desses teores, para seleção dos cinco genótipos também foram considerados o vigor e a resistência a pragas e a doenças, além da produtividade satisfatória (82,93 sacas ha^{-1}). É importante notar que a terceira safra (2020) dos genótipos que formam a cultivar SALUTAR confirmou os resultados das duas primeiras (2018 e 2019) (**Tabela 10**). Dessa forma, a nova cultivar apresenta características desejáveis, sobretudo, elevados teores de sólidos solúveis e CGA totais e produtividade satisfatória nas condições estudadas, permitindo aceitação entre os cafeicultores. Este poderá ser cultivado em condições climáticas similares às de Nova Venécia, onde foram cultivados, por exemplo, outras localidades do Espírito Santo, sul da Bahia e leste de Minas Gerais, em altitudes inferiores a 600 metros.

Na maioria das vezes, os genótipos promissores e registrados são “descobertos” por agricultores, por isso, descrevemos as informações sobre a origem dos que compõe a nova cultivar:

Graudão HP: Planta encontrada por Hermes Joaquim Partelli, em sua propriedade, Sítio Araripe, localidade de Paraíso Novo, no município de Vila Valério-ES. A planta foi encontrada em meio a uma lavoura de semente, em 1998.

Tardio V: “Tardio do Vanin”, planta encontrada pelo agricultor Alvino Figueira de Barros (conhecido como Vinim), em sua propriedade, na localidade de Paraíso Novo, no município de Vila Valério-ES. Planta selecionada por volta de 1995, numa lavoura propagada por sementes.

Z 37: Planta encontrada numa lavoura de semente e multiplicada por Amistrong Luciano Zanotti em sua propriedade no Patrimônio do XV, município de Nova Venécia-ES.

Tardio C: “Tardio dos Covre”, genótipo encontrado em uma lavoura propagada por semente na década de 1990, na propriedade dos irmãos Covre (Carlos, Isaac e Moyses), no município de Pinheiros-ES.

Emcapa 02: Genótipo 02 da Cultivar Emcapa 8111 (BRAGANÇA et al., 2001).

Cascas de frutos

As cascas de frutos que apresentaram elevados teores de cafeína e CGA demonstram o potencial promissor para utilização como infusões, para nutracêuticos ou para a extração de compostos bioativos, que podem ser utilizados na indústria de alimentos e farmacêutica.

Dependendo do método de processamento utilizado, a casca dos frutos, incluindo a polpa, pode estar entre os primeiros subprodutos da produção (JANISSEN; HUYNH, 2018). Ultimamente, fermentações controladas, de intensidades variadas, têm sido realizadas durante o processamento das sementes de *C. arabica*, como o método de produção do *honey coffee*, sendo as cascas fermentadas conjuntamente com as sementes, algumas vezes até com adição de diferentes tipos de leveduras, produzindo diferentes notas aromáticas, frutadas e adocicadas, inclusive nas cascas. Esta fermentação não só valoriza as sementes, mas também realça o potencial de utilização

das cascas para o preparo de infusões, sejam puras ou em misturas com as folhas do cafeeiro (PEREIRA et al., 2019).

Embora um estudo recente tenha validado a utilização de cascas desidratadas de frutos de *C. arabica* como ingrediente alimentar seguro (IRIONDO-DEHOND et al., 2019), o consumo na forma de infusões ainda é negligenciado no Ocidente, incluindo o Brasil, país que apresenta variedade de cultivares e novos genótipos de café, mas que ainda desconhece o potencial bioativo, de valorização e utilização dos subprodutos desta cadeia produtiva, sendo necessária a realização de estudos mais aprofundados que avaliem também a presença de demais fatores antinutricionais.

As condições higiênico-sanitárias em que as cascas de frutos de café são processadas e beneficiadas, armazenadas, embaladas e transportadas devem ser cuidadosamente controladas por meio das Boas Práticas de Fabricação e de Manipulação de Alimentos. Em relação às cascas de frutos de café fermentados, a fermentação intencional deve ser realizada de forma controlada e cuidadosa para evitar o crescimento de microrganismos indesejáveis.

Além disso, o fruto do cafeeiro é suscetível à contaminação por micotoxinas, compostos tóxicos resultantes do metabolismo secundário de fungos sob certas condições, que causam efeitos toxicológicos diferentes em humanos (GAMBOA-GAITÁN, 2012), sendo a ocratoxina A (OTA), a micotoxina mais estudada no café e a única regulamentada pela legislação Europeia (Comissão Europeia - CE) 1881/2006). Recente, um estudo detectou OTA (4.3µg/kg) em cascas desidratadas de frutos de café provenientes da Nicarágua, em teor inferior ao estabelecido pela CE (máximo de5 µg/kg) (IRIONDO-DEHOND et al., 2019).

Desde 2017, a comercialização e utilização para consumo humano de "*Coffee cherry tea*" foi suspensa na União Europeia (European Food Safety Authority – EFSA, 2017) por ser considerada "*Novel Foods*"- alimento que não foi consumido em grau significativo na União Europeia antes de 1997 – e, portanto, necessitar de autorização, ou seja, informações científicas que envolvam a determinação da composição química do produto, triagem microbiológica e de toxinas completa, além de avaliação de

segurança que prove que as pessoas que consumiram previamente o produto em particular, não desenvolveram nenhum problema de saúde (CE, 2017).

Embora a casca desidratada do fruto seja um produto originado do cafeeiro, o processamento é diferente quando comparado às sementes, que são submetidas à torrefação, processo que minimiza e elimina diversos riscos, devido à exposição prolongada a temperaturas elevadas. "*Coffee cherry tea*" não compartilha deste benefício e pode apresentar riscos de segurança alimentar comuns aos observados no processamento de frutas secas ou desidratadas. Atualmente, na Europa, ainda não foi realizado pedido de autorização formal da utilização de "*Coffee cherry tea*".

Esse cenário ressalta a necessidade de estudos que avaliem a presença de contaminantes, bem como a segurança microbiológica das cascas de frutos do cafeeiro. A longo prazo, o controle da comercialização deste subproduto proporcionará benefícios econômicos e sustentáveis, além de estimular o desenvolvimento de produtos de qualidade, seguros e com melhores características sensoriais.

Se adequadamente processadas, e seguras do ponto de vista microbiológico, infusões preparadas a partir de cascas de frutos do cafeeiro podem apresentar boa aceitação, originando bebidas de qualidade, com diferentes nuances de aroma e sabor, especialmente aquelas com características tradicionais, como aroma neutro, de ervas e doce (de PAULA, 2020), sendo facilmente convertidas em ingredientes promotores de saúde, além de proporcionar benefício econômico e ambiental.

Folhas

Folhas de alguns novos genótipos de *C. canephora* originados da variedade conilon apresentaram elevados teores de cafeína e CGA o que também demonstra o potencial promissor de utilização para a extração de compostos bioativos, que podem ser utilizados na indústria de medicamentos, farmacêutica e alimentos (SOCCOL, 2002; BAGGIO et al., 2007).

A cafeína presente em produtos industrializados é proveniente da extração deste composto presente naturalmente em matérias vegetais, sendo as sementes de café um dos seus principais fornecedores pelo processo de descafeinação, realizado antes do processo de torrefação. A cafeína obtida é destinada para indústrias farmacêuticas e alimentícias (SILVA et al., 2017).

O elevado consumo de produtos contendo cafeína provenientes da descafeinação de sementes de café, a exemplo os refrigerantes e bebidas energéticas, se contrapõe ao menor consumo de café descafeinado no Brasil e no mundo. A comercialização nacional de cafés descafeinados representa menos de 1% do total, e mundialmente totaliza apenas 10% do café consumido (MAZZAFERA, 2010). Com isso, é de grande importância para a indústria que sejam avaliadas novas possibilidades e fontes viáveis para obtenção de cafeína para além das sementes de café, como as folhas do cafeeiro, por exemplo, visto a valorização do café integral (cafeinado) para a comercialização.

Outra forma de aproveitamento das folhas de novos genótipos de *C. canephora*, é a utilização como matrizes para o preparo de infusões, sendo alternativa interessante para elaboração de bebidas com menores teores de cafeína quando comparadas às bebidas de café tradicionais elaboradas com as sementes torradas e moídas, representando nova oportunidade de valorização dos subprodutos da indústria cafeeira (de PAULA, 2020).

As condições higiênico-sanitárias em que as folhas do cafeeiro são plantadas, colhidas, processadas (oxidadas), armazenadas, embaladas e transportadas devem ser cuidadosamente controladas por meio das Boas Práticas de Fabricação e de Manipulação de Alimentos, principalmente de folhas processadas pelos pequenos fazendeiros, de forma artesanal. Neste sentido, outra discussão que merece destaque é em relação ao uso de pesticidas na agricultura do Brasil, que, em 2017, utilizou aproximadamente 540 mil toneladas (Instituto Brasileiro de Meio Ambiente – IBAMA, 2017). Devido ao aumento anual não só de utilização, mas de liberação de novos agrotóxicos, é necessário controle rigoroso dos resíduos químicos nos alimentos e nos subprodutos, como as folhas do cafeeiro (TREVISAN et al., 2017). Recente estudo

investigou resíduos de pesticidas em folhas de oito cafeeiros (*C. arabica*) cultivados de forma orgânica e em doze cultivados de forma tradicional e como esperado, resíduos de agrotóxicos foram identificados em 50% das folhas do cafeeiro do cultivo tradicional e nenhum resíduo nas de cultivo orgânico (TREVISAN et al., 2017).

Esses achados reforçam a necessidade de adoção de práticas sustentáveis na cadeia do café como forma de favorecer as condições de comercialização e abrir espaço para o mercado de cafés orgânicos. Embora alcance preços mais elevados, o cultivo desse tipo de café permite a valorização, e a utilização integral de forma segura de todos os subprodutos da indústria cafeeira, desde que as condições higiênico-sanitárias sejam adequadas.

Se adequadamente processadas – semelhantes ao processamento de folhas de *Camelia sinensis*, do ponto de vista microbiológico e sensorial, infusões preparadas a partir de folhas do cafeeiro, podem apresentar boa aceitação (de PAULA, 2020).

7. CONCLUSÕES

Os resultados do estudo mostram que os teores de cafeína e CGA variaram nas sementes, cascas de frutos e folhas de novos genótipos de *C. canephora* originadas da variedade conilon, ao longo das 3 safras consecutivas investigadas. No entanto, o nível de variação foi menor para cafeína e nas sementes do que nas outras partes do cafeeiro. Mesmo assim, alguns genótipos apresentaram teores consistentemente maiores de cafeína ou de CGA em relação aos outros.

Correlações positivas foram observadas entre os teores de sólidos solúveis e cafeína e sólidos solúveis e CGA das sementes. Em relação aos teores de cafeína entre as diferentes partes do cafeeiro, foram observadas correlações positivas, porém fracas, entre as folhas e cascas de frutos e entre os teores de cafeína das cascas de frutos e sementes. Não foram observadas correlações entre os teores de CGA nas sementes, cascas de frutos e folhas de *C. canephora.*

O fato de alguns genótipos promissores terem se destacado consistentemente em relação aos elevados teores de sólidos solúveis, cafeína e CGA, é indicativo de registro de um ou mais cultivares, com possibilidades para atender a diferentes demandas de mercado. Nesse sentido, os resultados obtidos para os genótipos 9 (Graudão HP), 12 (Tardio V), 24 (Z 37), 29 (Tardio C) e 33 (Emcapa 02) confirmam o registro do cultivar SALUTAR. Adicionalmente podemos ressaltar o potencial dos genótipos 11 (Beira Rio 8), com elevado teor de cafeína nas sementes, 17 (Peneirão) e 26 (Z36), contendo elevados teores de sólidos solúveis, característica de grande interesse para a indústria de café solúvel.

A utilização dos subprodutos como as folhas e casca de frutos de novos genótipos de *C. canephora*, como ingrediente alimentar seguro e fonte de compostos bioativos, representa oportunidade de valorização dos subprodutos da indústria cafeeira, proporcionando benefícios econômicos e ambientais.

8. ETAPAS FUTURAS

- Finalizar as análises de flavonoides nos extratos de cascas de frutos e folhas dos genótipos de *C. canephora*;
- Realizar novas análises estatísticas mais robustas para determinar o ponto de corte para seleção dos genótipos promissores;
- Realizar análises sensoriais com avaliadores treinados e não treinados, com bebidas preparadas a partir de sementes torradas consideradas promissoras;
- Avaliar o potencial sensorial das sementes selecionadas por meio de métodos inovadores de pós-colheita;
- Realizar registro(s) de cultivar(es).

9. REFERÊNCIAS

AGUIAR, A. T. E.; FAZUOLI, L. C.; SALVA, T. J. G. S.; FAVARIN, J. L. Diversidade química de cafeeiros na espécie *Coffea canephora*. **Bragantia**, Campinas. v. 64, n. 4. 2005.

ALMEIDA, A. A.; FARAH A.; SILVA D. A.; NUNAN E. A.; GLÓRIA M. B. Antibacterial activity of coffee extracts and selected coffee chemical compounds against enterobacteria. **J. Agric. Food. Chem**. v. 15; n. 54 p. 8738-43. Nov. 2006.

ALONSO-SALCES, R.M.; SERRA, F.; RENIERO, F.; ROLYHEBERGER, A. Botanical and geographical characterization of green coffee (*Coffea arabica* and *Coffea canephora*): Chemometric evaluation of phenolic and methylxanthine contents. **J. Agric. Food Chem.** v. 57, p. 4224–4235, 2009.

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

ALVES, E. A.; COSTA, J. N. M.; SANTOS, J. C. F. Procedimentos de colheita do café. **EMBRAPA: Café na Amazônia.** 2015. Disponível em:<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/141102/1/Cafe-na-AmazoniaENRIQUE.pdf> Acesso em: 02 fev. 2019.

ALVES, R. C.; CASAL, S.; OLIVEIRA, B. Benefícios do café na saúde: mito ou realidade? **Quím. Nova [online].** vol. 32, n. 8 pp. 2169-2180. 2009. ISSN 1678-7064. doi.org/10.1590/S0100-40422009000800031.

ASHIHARA, H.; CROZIER, A. Biosynthesis and metabolism of caffeine and related purine alkaloids in plants. **Adv. Bot. Res.** v. 30, p. 117–205, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ – ABIC. **Programa cafés sustentáveis do Brasil.** Disponível em: <http:// https://www.abic.com.br> Acesso em: 8 dez. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO CAFÉ – ABIC. **História do café**. 2015. Disponível em: <http://www.abic.com.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=38>. Acesso em: 15 out. 2018.

AWOKE, A. et al. River water pollution status and water policy scenario in Ethiopia: raising awareness for better implementation in developing countries. **Environ. Manage.** v.58, n.4, p.694-706, out., 2016.

BAGGIO, J.; ARAÚJO, F. A.; MANCINI, J.; FETT, R. Atividade antioxidante e conteúdo de fenólicos totais em cascas de café (*Coffea arabica*, L.) Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. **Anais. Brasília, D.F. Embrapa Café**, v. 5. 2007.

BEYENE, A. et al. The impact of traditional coffee processing on river water quality in Ethiopia and the urgency of adopting sound environmental practices. **Environ. Monit. Assess.** v.184, n.11, p.7053-7063, nov., 2012.

BICHO, N. C.; LEITÃO, A. E.; RAMALHO, J. C.; ALVARENGA, N. B., LINDON, F. C. Identification of chemical clusters discriminators of Arabica and Robusta green coffee.

International. **J. Food Prop.**, v. 16, p. 895 – 904. 2013. https://doi.org/10.1080/10942912.2011.573114.

BOAVENTURA, P. S. M.; ABDALLA, C. C.; ARAÚJO, C. L.; ARAKELIAN, J. S. Cocriação de valor na cadeia do café especial: o movimento da terceira onda do café. **RAE**. São Paulo, v. 58, n.3, p. 254-266, 2018.

BORÉM, A.; MILACH, S. C. K. Review plant breeding in the turn of the millennium. **Braz. Arch. Biol. Technol**. v. 41, n. 3, 1998. https://doi.org/10.1590/S1516-89131998000300001.

BRAGANÇA, S.M.; CARVALHO, C.H.S. de; FONSECA, A.F.A. da; FERRÃO, R.G. Variedades clonais de café conilon para o Estado do Espírito Santo. **Pesqui. Agropecu. Bras.,** v. 36, p. 765-770, 2001. DOI: 10.1590/S0100-204X2001000500006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Legislação brasileira sobre sementes e mudas: Lei 10.711, de 05 de agosto de 2003, Decreto n° 5.153, de 23 de julho de 2004 e outros. Brasília: **MAPA/SDA/CSM**, p. 318, 2007.

BULDAK, R. J. et al. The impact of coffee and its selected bioactive compounds on the development and progression of colorectal cancer in vivo and in vitro. **Molecules**, v. 23, n.12, dez., 2018, DOI: 10.3390/molecules23123309.

BURDAN, F. Coffee in Health and Disease Prevention. **Preedy, V.R., Ed.; Elsevier: Cambridge, UK.** p. 823. 2015. ISBN 9780124167162.

BUTT, M. S.; SULTAN M. T. Coffee and its consumption: benefits and risks. **Critical reviews in food science and nutrition.** v. 51, n. 4, p. 363-73. Mar. 2011. doi: 10.1080/10408390903586412. PubMed PMID: 21432699.

CABRAL, M. S.; MORIS, V. A. S. REAPROVEITAMENTO DA BORRA DE CAFÉ COMO MEDIDA DE MINIMIZAÇÃO DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS. **XXX Encontro nacional de engenharia de produção.** Maturidade e desafios da Engenharia de Produção: competitividade das empresas, condições de trabalho, meio ambiente. São Carlos, SP, Brasil, 12 a15 de outubro de 2010.

CAMPA, C.; DOULBEAU, S.; DUSSERT, S.; HAMON, S.; NOIROT, M. Qualitative relationship between caffeine and chlorogenic acid contents among wild *Coffea* species. **Food Chem.** v. 93, p. 135–139. 2005.

CAMPA, C.; MONDOLOT, L.; RAKOTONDRAVAO, A.; BIDEL, L.P.; GARGADENNEC, A.; COUTURON, E.; LA FISCA, P.; RAKOTOMALALA, J.J.; JAY-ALLEMAND, C., DAVIS, A.P. A survey of mangiferin and hydroxycinnamic acid ester accumulation in coffee (*Coffea*) leaves: biological implications and uses. **Ann. Bot.**, v. 110, n. 3, p. 595-613, 2012.

CAMPA, C.; PETITVALLET, A. Beneficial compounds from coffee leaves. In Achieving sustainable cultivation of coffee, ed. P. Lashermes. Cambridge: **Burleigh Dodds Science Publishing Limited.** 2017.

CAPRIOLI G.; CORTESE M.; SAGRATINI, G.; VITTORI, S. The influence of different types of preparation (espresso and brew) on coffee aroma and main bioactive constituents, **Int. J. Food Sci. Nutr.**, v. 66, n. 5, p. 505-5013, 2015.

CARVALHO, A. C.; CARVALHO, D.; FILGUEIRAS, G.; ARAÚJO, A.; CARVALHO, A. Panorama e importância econômica do café no mercado internacional de commodities agrícolas: Uma análise espectral. **RAGROS,** v. 9. p. 223-249. 2017. doi:10.18542/ragros.v9i2.5003. ISSN online 2318-0188.

CARVALHO, A.; MEDINA FILHO, H.P.; FAZUOLI, L.C. et al. Aspectos genéticos do cafeeiro. **Rev. Bras. Genet**., v.14, n.1, p.135-183. 1991.

CCCV - Centro do Comércio de Café de Vitória. O Café no Brasil e no Espírito Santo. 2016. Disponível em: <http://www.cccv.org.br/institucional/historia-cafe/> Acesso em: 20 out. 2020.

CHAGAS, S. J. DE R.; POZZA, A. A. A.; GUIMARÃES, M. J. C. L. Aspectos da colheita, preparo e qualidade do café orgânico. Café Orgânico Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.23, n.214/215, p.21-31, jan./abr. 2002.

CHARR J. C.; GARAVITO, A.; GUYEUX, C. et al. Complex evolutionary history of coffees revealed by full plastid genomes and 28,800 nuclear SNP analyses, with particular emphasis on *Coffea canephora* (Robusta coffee). **Mol. Phylogenet. Evol.** v. 151, Oct. 2020. 106906.

CHARRIER, A.; BERTHAUD, J. Variation de la teneur en caféine dans le genre *Coffea.* **Café Cacao Thé, Paris**, v.11, n.4, p. 251-264, oct./dec. 1975.

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 Sci. Agron.**, Maringá, v. 26, n. 3, p. 232, p. 287-292, 2004.

CHEN, X. A review on coffee leaves: phytochemicals, bioactivities, and applications. **Crit. Rev. Food Sci. Nutr.,** dez., 2018. doi: 10.1080/10408398.2018.1546667.

CHEN, X.; MA, Z.; KITTS, D. D. Effects of processing method and age of leaves on phytochemical profiles and bioactivity of coffee leaves. **Food Chem.,** v. 249, p. 143-153, 2018. doi: 10.1016/j.foodchem. 2017. 12.073.

CHENG, B.; FURTADO, A.; SMYTH, H. E.; HENRY, R. J. Influence of genotype and environment on coffee quality. **Trends Food Sci. Technol.**, v. 57, p. 20- 30, 2016. DOI: doi.org/10.1016/j.tifs.2016.09.003.

CHOW, T.M.; BENOWITZ, N.L. Caffeine and coffee: Effects on health and cardiovascular disease. **Comp. Biochem. Physiol.** v. 109, p. 173–189, 1994.

CLIFFORD, M. N.; KNIGHT, S.; KUHNERT, N. Discriminating between the six isomers of dicaffeoylquinic acid by LC-MS(n). **J. Agric. Food Chem.,** v. 53, n. 10, 3821-3832, 2005.

CLIFFORD, M. N.; KNIGHT, S.; SURUCU, B. et al. Characterization by LC-MS(n) of four new classes of chlorogenic acids in green coffee beans: dimethoxycinnamoylquinic acids, diferuloylquinic acids, caffeoyl-dimethoxycinnamoylquinic acids, and feruloyl-dimethoxycinnamoylquinic acids. **J. Agric. Food Chem.,** v. 54, p. 1957-1969. 2006.

CLIFFORD, M. N. Chlorogenic acids. In: Coffee. Vol 1. Chemistry. Clarke RJ; Macrae R (eds) **Elsevier Applied Science Publications**, London, UK. 1985.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO-CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de café. **Terceiro levantamento, Brasília**, v. 6, n. 3, p. 1-54, set. 2020.

COVRE, A. M.; PARTELLI, F. L.; MAURI, A. L.; DIAS, M. A. Initial growth and development of Conilon coffee genotypes. **Rev. Agroambiente**. v. 7, p. 193-202. 2013.

D'AMELIO, N. et al. NMR reinvestigation of the caffeine–chlorogenate complex in aqueous solution and in coffee brews. **Food Biophys.**, v.4, p.321-330, set., 2009.

DE ALMEIDA, R. F.; TREVISAN, M. T. S.; THOMAZIELLO, R. A. et al. Nutraceutical compounds: Echinoids, flavonoids, xanthones and caffeine identified and quantitated in the leaves of *Coffea arabica* trees from three regions of Brazil. **Food Res. Int.,** v. 115, p. 493-503. 2018. doi:10.1016/j.foodres.2018.10.006.

DE BEER, D. et al. Isolation of isomangiferin from honeybush (*Cyclopia subternata*) using high-speed counter-current chromatography and high-performance liquid chromatography. **J. Chromatogr. A**. v.1216, n.19, p.4282–4289, mai., 2009.

DEL CASTILHO, M. D. et al. Coffee by-products. In: FARAH, A. (Ed). **Coffee: production, quality and chemistry.** Londres: Royal Society of Chemistry. v.1, cap.12, p.309-334. 2019.

DE PAULA J, FARAH A. Caffeine Consumption through Coffee: Content in the Beverage, Metabolism, Health Benefits and Risks. **Beverages.** v. 5, n. 2, p. 37, 2019. Doi:10.3390/beverages5020037.

DE PAULA, J. L. Produtos inovadores e sustentáveis da cadeia do café: compostos bioativos e aspectos sensoriais. 2020. (Tese de Doutorado em Ciências Nutricionais) - Instituto de Nutrição Josué de Castro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2020.

DUARTE, G.S.; PEREIRA, A.A.; FARAH, A. Chlorogenic acids and other relevant compounds in Brazilian coffees processed by semi-dry and wet post-harvesting methods**. Food Chem.,** v. 118, p. 851–855, 2010.

DUBBERSTEIN D. et al. Biometric traits as a tool for the identification and breeding of Coffea canephora genotypes. **Genet. Mol. Res.**, v. 19, n. 2, 2020.

DURÁN, C. A. A.; TSUKUI, A.; SANTOS, F. K. F; MARTINEZ, S. T.; BIZZO, H. R.; REZENDE, C. M. Café: Aspectos Gerais e seu Aproveitamento para além da Bebida. **Rev. Virtual Quim**., v. 9, n. 1, p. 107-134. 2017. Data de publicação na Web: 22 de novembro de 2016. ISSN 1984-6835.

EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2017. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/379901317/2017-Embrapa-Manual-de-metodos-de-analise-de-solo-pdf>. Acesso em: 18 dez. 2019.

ESQUIVEL, P.; JIMENEZ, V. M. Functional properties of coffee and coffee byproducts**. Food Res. Internat.,** v.46, p.488-495, mai, 2012.

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY (EFSA). **Dietary Reference Values for nutrients Summary report.** v. 14, n. 12. 2017. doi:10.2903/sp.efsa.2017.e15121

FARAH, A. Coffee as speciality and functional beverage. In: PAQUIN, P. (Ed.) Functional and speciality beverage technology. **Sawston: Woodhead Publishing**, 2009. 512 p., cap.15, p.370–395.

FARAH, A. Nutritional and health aspects of coffee. **Coffee: Emerging Health Effects and Disease Prevention**. Chu, Y.-F., Ed.; IFT Press and John Wiley & Sons: New York, NY, USA. p. 21. 2012.

FARAH, A. Nutritional and health effects of coffee. **Sustainable cultivation of coffee**. Burleigh Dodds Science Publishing, United States, p. 259- 289, 2017.

FARAH, A.; MONTEIRO, M.; DONANGELO, C. M.; LAFAY S. Chlorogenic acids from green coffee extract are highly bioavailable in humans. **J. Nutr.**, v. 138, p. 2309-2315, 2008.

FARAH, A.; DE PAULA, J. L. Consumption of chlorogenic acids through coffee and health implications. **Beverages.** *v.* 5, n. 11, 2019. doi;10.3390/beverages5010011.

FARAH, A.; DE PAULIS, T.; TRUGO, L.C.; MARTIN, P.R. Effect of roasting on the formation of chlorogenic acid lactones in coffee. **J. Agric. Food Chem**., v. 53, n. 5, p. 1505-13. Mar. 2005.

FARAH, A.; DONANGELO, C. M. Phenolic compounds in coffee. **Braz. J. Plant Physiol**., v. 18, n. 1, p. 23–36, 2006.

FARAH, A.; DUARTE, G. Bioavailability and metabolism of chlorogenic acids from coffee. In Coffee and Health Disease Prevention. **Elsevier: Cambridge.** ed. VR Preedy. p. 789-800, 2015.

FARAH, A.; LIMA, J. P. Major chlorogenic acids contents and distribution in coffee. In Coffee: Production, Quality and Chemistry, ed. A Farah**. London: Royal Society of Chemistry.** p. 584-610, 2019.

FERREIRA, T. Introduction to coffee plant and genetics. In: FARAH, A. (Org.). **Coffee: production, quality and chemistry - Royal Society of Chemistry.** v.1, p.3-25, 2019.

FILGUEIRAS, W.H. Modelagem da planta de café por elementos finitos para estudo de colheita por vibração. **Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa**, p. 81, 2000.

FIOROTT, A. S.; STURM, G. M. Café canephora: em busca de qualidade e reconhecimento**. Comunicado técnico**. cap.19, p.425-431, 2016.

FISCHER, E.; VICTOR, B.; ROBINSON, D.; FARAH, A.; MARTIN, P. R.; Coffee consumption and health impacts: a brief history of changing conceptions. **Coffee: Consumption and Health Implications - Royal Society of Chemistry.** v. 2, p. 1-19, 2019.

FUJIMORI, N.; ASHIHARA, H. Biosynthesis of theobromine and caffeine in developing leaves of *Coffea arabica*. **Phytochem.** v. 36, p. 1359–1361, 1994.

GAMBOA-GAITÁN, M. Á. Presencia de aspergillus y otros simbiontes fúngicos em granos de café procedentes de Colombia. **Acta Biol. Colomb.**, v.17, p.39-49, abr., 2012.

GIDAY, M.; ASFAW, Z.; WOLDU, Z. Ethnomedicinal study of plants used by Sheko ethnic group of Ethiopia. **J. Ethnopharmacol**., v. 132, n.1, p. 75–85, 2010.

GILES, J.A.D.; FERREIRA, A.D.; PARTELLI, F.L.; AOYAMA, E.M.; RAMALHO, J.C.; FERREIRA, A.; FALQUETO, A.R. Divergence and genetic parameters between *Coffea* sp. genotypes based in foliar morpho-anatomical traits. **Sci. Hortic**., v. 245, p. 231-236, 2019.

GILES, J.A.D.; PARTELLI, F.L.; FERREIRA, A.; RODRIGUES, J.P.; OLIOSI, G.; SILVA, F.H.L. Genetic diversity of promising 'conilon' coffee clones based on morpho-agronomic variables. **An. Acad. Bras. Ciênc.**, v. 90, n.2, p.2437-2446, 2018.

GROSSO, G. et al. Coffee, caffeine, and health outcomes: an umbrella review. **Annu. Rev. Nutr**., v.37, p.131-156, ago., 2017.

GUERRERO G; SUÁREZ M; MORENO G. Chlorogenic acids as a potential criterion in coffee genotype selections. **J. Agric. Food Chem**. v. 49, p. 2454-2458. 2001.

GUIMARÃES, R. J. et al. Coffee growing and post-harvest processing. In: FARAH, A. (Org.). **Coffee: production, quality and chemistry.** Londres: Royal Society of Chemistry. v.1, 836 p., cap.2, p.26-88. 2019.

HAN, D. et al. Cytoprotective effect of chlorogenic acid against hydrogen peroxide-induced oxidative stress in MC3T3-E1 cells through PI3K/Akt-mediated Nrf2/HO-1 signaling pathway. **Oncotarget**, v.8, n.9, p.14680–14692, fev., 2017.

HORMAN, I; VIANI, R. The nature and confirmation of the caffeine-clorogenate complex of coffee. **J. Food Sci**., Chicago, v. 37, p. 925-927, 1972.

HWANG, J.; CASTELLI, D. M.; GONZALEZ-LIIMA, F. Cognitive enhancement by transcranial laser stimulation and acute aerobic exercise. **Laser Med. Sci.** v. 31, p. 1151-1160. 2016.

IBAMA. CHAM, K. de O.; REBELO, R. M.; OLIVEIRA, R. de P.; FERRO, A. A; VIANA-SILVA, F. E. de C. et al. Manual de avaliação de risco ambiental de agrotóxicos para abelhas. **Brasília: Ibama/Diqua**, 2017. 105 p.

IRIONDO-DEHOND, A; IRIONDO-DEHOND, M.; del CASTILLO, M. D. Applications of compounds from coffee processing by-products. **Biomolecules**. v. 10 n. 9, Jul. 2020. doi:10.3390/biom10091219.

INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL - INCAPER, 2017. Disponível em: https://incaper.es.gov.br/Not%C3%ADcia/espirito-santo-fecha-2017-com-aumento-na-producao-de-cafe-conilonAcesso em: 6 jan., 2019.

IRIONDO-DEHOND, A. et al. Validation of coffee by-products as novel food ingredients**.** **Inn. Food Sci. Em. Technol**., v.51, p.194-204, jan., 2019.

IUPAC Commission on the Nomenclature of Organic Chemistry (CNOC) and IUPAC-IUB Commission on Biochemical Nomenclature (CBN). Nomenclature of cyclitols. Recommendations, 1973. **Biochem. J**., v. 153, p. 23–31, jan. 1976.

JAISWAL, R.; PATRAS, MA.; ERAVUCHIRA, P.J. et al. Profile and characterization of the chlorogenic acids in green Robusta coffee beans by LC-MS(n): identification of seven new classes of compounds. **J. Agric. Food Chem**., v. 58, 2010. 8722-8737.

JANISSEN, B.; HUYNH, T. T. Chemical composition and value-adding applications of coffee industry by-products: a review. **Resour. Conserv. Recycl.**, v.128, p.110-117, out. 2017.

JIANG, H; ENGELHARDT, U.H.; THRÄNE, C.; MAIWALD, B.; STARK J. Determination of flavonol glycosides in green tea, oolong tea and black tea by UHPLC compared to HPLC. **Food Chem**., v. 183, p. 30–35. 2015.

LAMORDE, M.; TABUTI, J.; OBUA, C.; et al. Medicinal plants used by traditional medicine practitioners for the treatment of HIV/AIDS and related conditions in Uganda. **J. Ethnopharmacol**., Vol. 130, 1, Pg 43-53. 6 Jul. 2010.

LAVIOLA, B. G.; MARTINEZ, H. E. P.; SOUZA, R. B.; ALVAREZ, V. H. V. Dinâmica de cálcio e magnésio em folhas e frutos de *Coffea arabica,* fertilidade do solo e nutrição de plantas. **Rev. Bras. Ciênc**. v. 31, n. 2, Abr. 2007. doi:10.1590/S0100-06832007000200014.

LI, G.; MA, D.; ZHANG, Y.; ZHENG, W.; WANG, P. Coffee consumption and risk of colorectal cancer: a meta-analysis of observational studies, **Public Health Nutr.,** v. 16, n. 2, p. 346-57. doi: 10.1017/S1368980012002601. 2012.

LIANG, N; KITTS, D. D. Role of chlorogenic acids in controlling oxidative and inflammatory stress conditions. **Nutrients**, v.8, dez., 2015, DOI:10.3390/nu8010016.

LIMA, F. A.; DE SANT'ANA, A. E. G.; ATAÍDE, T. DA R., et al. Café e saúde humana: um enfoque nas substâncias presentes na bebida relacionadas às doenças cardiovasculares. **Rev. Nutr**., v. *23*, n. 6, p. 1063-1073. 2010.

LIMA, J. P. et al. Distribution of major chlorogenic acids and related compounds in brazilian green and toasted *Ilex paraguariensis* (maté) leaves. **J. Agric. Food Chem.**, v. 64, n. 11, p. 2361-2370, mar., 2016.

LIMA, J. P.; FARAH, A. Caffeine consumption. In: A. Farah. (Org.). Coffee: Consumption and Health Implications. 1ed.Londres: **Royal Society of Chemistry**, v. 1, p. 313-339. 2019.

MARQUES, V.; FARAH, A. Chlorogenic acids and related compounds in medicinal plants and infusions. **Food Chem.**, v.113, n.4, p.1370-1376, abr., 2009.

MARTINS, Q.M.; PARTELLI, F.L.; GOLYNSKI, A.; et al. Adaptability and stability of *Coffea canephora* genotypes cultivated at high altitude and subjected to low temperature during the winter. **Sci. Hortic.**, v.252, p.238-242, 2019.

MAZZAFERA, P. Planta de café sem cafeína**. Departamento de Biologia da UNICAMP**. FAPESP, 2010.

MAZZAFERA, P.; CARVALHO, A. Breeding for low seed caffeine content of coffee (Coffea L.) by interspecific hybridization. **Euphytica**. v. 59, p. 55–60, 1992.

MCLELLAN, T.M.; CALDWELL, J.A.; LIEBERMAN, H.R. A review of caffeine's effects on cognitive, physical and occupational performance. **Neurosci. Biobehav. Rev.** v. 71, p. 294–312, 2016.

MENDONÇA, L. M. V. L.; PEREIRA, R. G. F. A.; MENDES, A. N. G. Parâmetros bromatológicos de grãos crus e torrados de cultivares de café (*Coffea arabica* L.) **Ciênc. Tecnol. Aliment.** v. 25, n. 2, p. 239-243, 2005.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Caderno de aulas práticas dos Institutos Federais**: cafeicultura / Ministério da Educação, Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica. – Brasília, DF: Ministério da Educação, 2016.

MONDOLOT, L. et al. Evolution in caffeoylquinic acid content and histolocalization during coffea canephora leaf development. **Ann. Bot.**, v.98, p.33-40, jul., 2006.

MONTEIRO, A. et al. Dietary antioxidants in coffee leaves: impact of botanical origin and maturity on chlorogenic acids and xanthones. **Antioxidants (Basel),** dez., 2019, DOI: 10.3390/antiox9010006.

MONTEIRO, A.; COLOMBAN S.; AZINHEIRA H.G., et al. Dietary Antioxidants in coffee leaves: impact of botanical origin and maturity on chlorogenic acids and xanthones. **Antioxidants.** v. 9, n. 6, 2020. doi:10.3390/antiox9010006.

MONTEIRO, M. C.; FARAH, A. Chlorogenic acids in Brazilian *Coffea arabica* cultivars from various consecutive crops. **Food Chem.,** v. 134, n. 1, p. 611-614. Sep. 2012.

MULLEN, W.; NEMZER, B.; STALMACH, A.; ALI, S.; COMBET, E. Polyphenolic and hydroxycinnamate contents of whole coffee fruits from China, India, and Mexico. **J. Agric. Food Chem.,** v. 61, p. 5298–5309. 2013.

MUNYENDO, L. M.; NJOROGE, D. M., OWAGA, E. E.; MUGENDI, B. Coffee phytochemicals and post-harvest handling - A complex and delicate balance. **J. Food Compos. Anal.,** v. 102*,* Set. 2021. 103995. doi: 10.1016/j.jfca.2021.103995

MURTHY, P. S. et al. Extraction, characterization, and bioactivity of coffee anthocyanins. **Eur. J. Biol. Sci.**, v.4, p.13–19, jan. 2012.

NAVEED, M. et al. Chlorogenic acid (CGA): a pharmacological review and call for further research. **Biomed. Pharmacother.**, v.97, p.67–74, jan., 2018.

NEHLIG, A. Effects of coffee/caffeine on brain health and disease: What should I tell my patients? **Pract. Neurol**., v. 16, n. 2, p. 89-95. Apr. 2016. doi: 10.1136/practneurol-2015-001162.

NEHLIG, A. Is caffeine a cognitive enhancer? **J. Alzheimers Dis.** v. 20, p. 85–94. 2010.

OLSON, C.A.; THORNTON, J.A.; ADAM, G.E.; LIEBERMAN, H.R. Effects of 2 adenosine antagonists, quercetin and caffeine, on vigilance and mood. **J. Clin. Psychopharmacol**. v. 30, p. 573–578, 2010.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO CAFÉ - OIC. Relatório sobre o mercado cafeeiro - Setembro de 2020. v. 1. p. 1-8. Set. 2020. Disponível em: <http://consorciopesquisacafe.com.br/arquivos/consorcio/publicacoes_tecnicas/relatorio_oic_setembro_2020.pdf>. Acesso em: 20 out. 2020.

PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; SANTIAGO, A. R.; BARROSO, D. G. Produção e desenvolvimento radicular de plantas de café 'Conilon' propagadas por sementes e por estacas. **Pesq. Agropec. Bras.** v. 41, n. 6, Jun 2006. doi:10.1590/S0100-204X2006000600008.

PATAY, E. B.; NÉMETH, T.; NÉMETH, T. S.; FILEP, R.; VLASE, L.; PAPP, N. Histological and phytochemical studies of *Coffea benghalensis* B. Heyne ex Schult., compared with Coffea arabica L. **Farmacia.** v. 64, p. 125-130, 2016.

PAUWELS, R.A. Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease. NHLBI/WHO Global Initiative for Chronic

Obstructive Lung Disease (GOLD) Workshop summary. **Am. J. Respir. Crit. Care Med**. v. 163, p. 1256–1276. 2001.

PEREIRA, G. V. M.; NETO, D. P. DE C.; JÚNIO, A. I. M.; VÁSQUEZ, Z. S_, MEDEIROS, A. B. P.; VANDENBERGHE, L. P. S.; SOCCOL, C. R. Exploring the impacts of postharvest processing on the aroma formation of coffee beans - a review. **Food Chem.,** v.272, p.441-452, jan. 2019.

PEREIRA, L L; CHERKASOVA, E; GOLINITSKIY, P; TOYGAMBAEV, S; MUTOVKINA, E. Processing modes influence on the sensory profile of various types of coffee. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. v. 677, n. 5, p. 052036, May. 2021. doi:10.1088/1755-1315/677/5/052036.

PEREIRA, L. L.; CARDOSO, W. S.; GUARÇONI, R. C. A complexidade de consenso entre análise sensorial, física e química na qualidade do café. **Revista Ifes Ciência**. v. 4, n. 2, 2018. ISSN 2359-4799.

PERRONE, D. et al. Comprehensive analysis of major and minor chlorogenic acids and lactones in economically relevant Brazilian coffee cultivars. **Food Chem.**, v.106, n.2, p.859-867, jan., 2008.

POTT, C. M.; ESTRELA, C. C. Histórico ambiental: desastres ambientais e o despertar de um novo pensamento. **Estud. av. [online].** vol.31, n.89, pp.271-283. 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142017000100271&lng=pt&nrm=iso>. ISSN 1806-9592. https://doi.org/10.1590/s0103-40142017.31890021.

PRATA, E. R. B. A.; OLIVEIRA, L. S. Fresh coffee husks as potential sources of anthocyanins. **Food Sci. Technol.**, v.40, n.9, p.1555-1560, nov. 2007.

RAMIREZ-MARTINEZ, J. R. Phenolic compounds in coffee pulp: Quantitative determination by HPLC. **J. Sci. Food Agric.**, v.43, n.2, p.135-144, 1988.

RATANAMARNO, S.; SURBKAR, S. Caffeine and catechins in fresh coffee leaf (*Coffea arabica*) and coffee leaf tea. Maejo. **Int. J. Sci. Technol.**, v. 11, n. 3, p. 211–218. 2017.

REBOLLO-HERNANZ, M; ZHANG, Q.; AGUILERA, Y.; MARTÍN-CABREJAS, MA.; GONZALEZ, DE MEJIA E. Phenolic compounds from coffee by-products modulate adipogenesis-related inflammation, mitochondrial dysfunction, and insulin resistance in adipocytes, via insulin/PI3K/AKT signaling pathways. **Food Chem. Toxicol.,** v. 132, 2019. 110672.

RESENDE, M. D. V. de et al Seleção genômica ampla (GWS) e maximização da eficiência do melhoramento**. Braz. J. For. Res.**, Colombo, v. 56, n. 1, p. 63-77, 2008.

RICCI, M. DOS S.F.; ARAÚJO, M. DO C.F.; FRANCH, C.M. DE C. Cultivo orgânico do café: recomendações técnicas. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**, p. 101, 2002.

RINCON, M. A. D. Fracionamento do Óleo de Café Verde por Destilação Molecular. [s.l.] **UNICAMP**, 2011.

RODRIGUES, W. N.; MARTINS, L. D.; TOMAZ, M. A. Reaproveitamento de folhas de café após a colheita na reciclagem de nutrientes. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**. Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.6, n.11; p. 1, 2010.

ROSS, I. A. Medicinal plants of the world: chemical constituents, traditional and modern medicinal uses. **Humana Press**. 2 ed. 508 p. 2005.

ROUSSOS, S. et al. Biotechnological management of coffee pulp – isolation, screening, characterization, selection of caffeine-degrading fungi and natural microflora present in coffee pulp and husk. **Appl. Microbiol. Biotechnol**., v.42, n.5, p.756-762, jan., 1995.

RUBACK, K. Beitrag zur analytik der dihydroxyzimtsaureester des kaffes. Berlim, 1969. **Dissertação, Technische Universitat**, 1969.

SALGADO, S.M. de L.; PEREIRA, T.B.; ABREU, F.A. Cafeicultor: atenção com os nematoides que parasitam o cafeeiro. **EPAMIG. Circular Técnica**, vol. 37, 2008.

SANTOS, J. C. F.; MARCHI, G.; MARCHI, E. C. S. Cobertura do solo no controle de plantas daninhas do café. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. 56p. (Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111; 226), 2008.

SEGHETO, L. Avaliação das atividades antioxidante e anti-inflamatória tópicas das folhas de café (*Coffea arabica l*.). **UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA FACULDADE DE FARMÁCIA. PROGRAMA DE POS-GRADUAÇÃO EM CIENCIAS FARMACEUTICAS.** 2017.

SHI, H. et al. Chlorogenic acid protects against liver fibrosis *in vivo* and *in vitro* through inhibition of oxidative stress. **Clinic. Nutr.**, v.35, n.6, p.1366-1373, dez., 2016.

SILVA, S.G. DA; BIESKI, I.G.C. A importância medicinal dos flavonoides na saúde humana, com ênfase na especie *Arrabidaea* chica (Bonpl.) B. Verl. **Revista Saúde Viva Multidisciplinar da AJES**, v. 1, n. 1, p. 1 - 156, Ago./Dez. 2018.

SMITH, A. W**.** Introduction**.** In: CLARKE, R. J.; MACRAE, R. Coffee: chemistry. New York: **Elsevier Applied Science**, v. 1, cap. 1, p. 1-41, 1985.

SOCAŁA, K.; SZOPA, A.; SEREFKO, A.; POLESZAK E.; WLAŹ, P. Neuroprotective Effects of Coffee Bioactive Compounds: A Review. **Int. J. Mol. Sci**. v. 22, n. 1, p. 107. doi:10.3390/ijms22010107.

SOCCOL, C.R. Resíduo de café: um substrato promissor para a produção industrial de bioprodutos com alto valor agregado. In: **Pesquisa dos cafés do Brasil. Brasília: Embrapa,** p. 83-98, 2002.

SOUARD, F.; DELPORTE, C.; STOFFELEN, P.; THEVENOT, E. A.; NORET, N.; DAUVERGNE, B.; KAUFFMANN, VAN ANTWERPEN, J. M.; P.; STEVIGNY, C. Metabolomics fingerprint of coffee species determined by untargeted-profiling study using LC-HRMS. **Food Chem**., v. 245, p. 603–612. 2018. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.10.022.

SOUZA, C. M. A. DE.; QUEIROZ D. M. DE.; RAFULL, L. Z. L. Derriçadora portátil na colheita total e seletiva de frutos do cafeeiro. **Pesq. Agropec. Bras**. v. 41, n. 11, Nov 2006. doi: 10.1590/S0100-204X2006001100010.

STURM, G.M. Ferramentas para produção de Conilon Especial. **Café Conilon: Desafios e Oportunidades**. Alegre – ES: CAUFES. pp. 105–114. 2020.

TAJIK, N.; TAJIK, M.; MACK, I.; ENCK, P. The potential effects of chlorogenic acid, the main phenolic components in coffee, on health: a comprehensive review of the literature. **Eur. J. Nutr**., v. 56, n. 7, p. 2215-2244, Oct. 2017. doi: 10.1007/s00394-017-1379-1.

TALAMOND, P. et al. First report on mangiferin (C-glucosyl-xanthone) isolated from leaves of a wild coffee plant, *Coffea pseudozanguebariae* (Rubiaceae). **Acta Botanica Gallica.** v.155, n.4, p.513-519, fev. 2008.

TARKA, S.M.; HURST, W.J. Introduction to the chemistry, isolation, and biosynthesis of methylxanthines. In **Caffeine**; Spiller, G.A., Ed.; CRC Press: Boca Raton, FL, USA. p. 1-12. 1998.

THOMAZIELLO, R. A. Uso da poda no cafeeiro: por que, quando e tipos utilizados. **Visão Agrícola**. v. 12, p. 33-36, 2013.

TORRES, T.; FARAH, A. Coffee, maté, açaí and beans are the main contributors to the antioxidant capacity of Brazilian's diet. **Eur. J. Nutr.**, v.56, p. 1523–1533, mar., 2016.

TREVISAN, M. T. S. et al. Pesticide analysis in coffee leaves using a quick, easy, cheap, effective, rugged and safe approach and liquid chromatography tandem mass spectrometry: optimization of the clean-up step. **J. Chromatogr. A**, v.1512, p.98–106, ago., 2017.

TREVISAN, M. T. S. et al. Phytochemicals from Coffea leaves. In: FARAH, A. (Ed). Coffee: production, quality and chemistry. Londres: **Royal Society of Chemistry**. v.1, p, 836, cap.34, p.771-787. 2019.

TREVISAN, M. T. S.; ALMEIDA, F. R.; SOTO G.; VIRGINIO, E. M.; ULRICH, C. M.; OWEN, R. W. Quantitation by HPLC-UV of mangiferin and isomangiferin in coffee (*Coffea arabica*) leaves from Brazil and Costa Rica after solvent extraction and infusion. **Food Anal. Methods,** v. 9, p. 2649-2655, 2016.

VEGRO, C. L. R.; CARVALHO, F. C. Disponibilidade e utilização de resíduos gerados no processamento agroindustrial do café. **Informações Econômicas (Impresso).** v. 24, p. 9-16, 1994.

WATSON, J. Cafeine. **Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition; Caballero, B., Finglas, P.M., Toldra, F.** Eds.; Academic Press: Cambridge, UK, p. 745, 2003. doi: 10.1016/b0-12-227055-x/00144-9.

WILLIAMSON G.; CLIFFORD M; N. Role of the small intestine, colon and microbiota in determining the metabolic fate of polyphenols. **Biochem. Pharmacol.,** v. 139, p. 24-39, 2017.

YAN, N., MARSCHNER, P., CAO, W., ZUO, C., QIN, W. Influence of salinity and water content on soil microorganisms. **Int. Soil Water Conserv. Res.**, v. 3, n. 4, p. 316–323, Nov. 2015. doi:10.1016/j.iswcr.2015.11.003

YAN, Y.; ZHOU, X.; GUO, K.; ZHOU, F.; YANG, H. Chlorogenic acid protects against indomethacin-induced inflammation and mucosa damage by decreasing Bacteroides-Derived LPS. **Front Immunol**. v. 3, n. 11. p. 1125. Jun. 2020. doi: 10.3389/fimmu.2020.01125.

ZULAK, K.G.; LISCOME, D.K.; ASHIHARA, H.; FACCHINI, P.J. ALKALOIDS. In Plant Secondary Metabolites: Occurrence Structure, and Role in the Human Diet. **Crozier, A., Clifford, M.N., Ashihara, H., Eds**. Blackwell: Oxford, UK. pp. 102–136. 2006.