

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO

CYNTIA MEIRY DA SILVA MACHADO

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE DIFERENTES GENÓTIPOS
DE *COFFEA ARABICA*

ALEGRE-ES
Fevereiro de 2019

CYNTIA MEIRY DA SILVA MACHADO

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE DIFERENTES GENÓTIPOS
DE *COFFEA ARABICA***

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de *Doctor Scientiae* em Genética e Melhoramento, na área de concentração de Genética e Melhoramento.

Orientador: Prof. DSc. Fabio Luiz Partelli

ALEGRE-ES
Fevereiro de 2019

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de
Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

D111c da Silva Machado, Cyntia Meiry, 1981-
Caracterização físico-química de diferentes genótipos de Coffea
arabica / Cyntia Meiry da Silva Machado. - 2019.
116 f. : il.

Orientador: Fábio Luiz Partelli.

Coorientador: Adésio Ferreira.

Tese (Doutorado em Genética e Melhoramentos) -
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências
Agrárias e Engenharias.

1. café. 2. melhoramento genético. 3. qualidade. 4. Coffea
arabica. 5. Espírito Santo. I. Partelli, Fábio Luiz. II. Ferreira,
Adésio. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de
Ciências Agrárias e Engenharias. IV. Título.

CDU: 631.523

CYNTIA MEIRY DA SILVA MACHADO

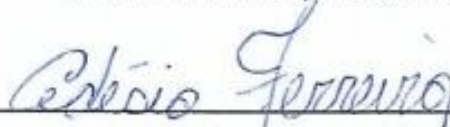
CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE DIFERENTES GENÓTIPOS DE
COFFEA ARABICA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de *Doctor Scientiae* em Genética e Melhoramento, na área de concentração em Genética e Melhoramento.

Aprovada em 27 de fevereiro de 2019.



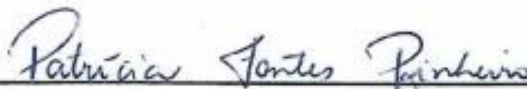
Prof. DSc. Fábio Luiz Partelli
CEUNES-UFES (Orientador)



Prof. DSc. Adésio Ferreira
CCAUE-UFES (Coorientador e membro interno)



Pesq. DSc. Cesar Abel Krohling
INCAFER (Membro externo)



Pesq. DSc. Patrícia Fontes Pinheiro
CCAUE/UFES (Membro externo)



Pesq. DSc. Lucas Louzada Pereira
UFES (membro externo)

*A Deus,
Pelo dom da vida, pela saúde e pela sabedoria, porque sem Ele nada somos.*

AGRADEÇO

*A minha querida mãe
Leda Raquel, todos os
familiares, em especial in
memoria*

*Ao meu amado esposo,
Lindomar!*

*Ao meu precioso Filho,
João Ricardo!*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus primeiramente.

Ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, pela oportunidade de estudo.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo (FAPES), pelo financiamento dos reagentes utilizados por meio de verba do projeto “Caracterização física, química e sensorial de materiais genéticos elites do programa de melhoramento genético de café do Incaper em fase de pré-lançamento”, EDITAL FAPES/SEAG Nº 06/2015 - PPE AGROPECUÁRIA, protocolo nº 30714.449.19280.30052016, tendo como coordenador o DSc. Aymbiré Francisco Almeida da Fonseca.

Ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento de Café – CBPED/Café pelo apoio ao trabalho.

Ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural – INCAPER, pelo pela parceria e apoio técnico.

Ao Prof. DSc. Fábio Luiz Partelli, pela orientação segura ao decorrer da Pós-graduação, pelo respeito profissional, pelas sugestões valorosas e pela amizade.

Ao Prof. DSc. Adésio Ferreira e a pesquisadora DSc. DSc. Maria Amélia Gava Ferrão pela disponibilidade de coorientação do desenvolvimento deste trabalho, pelos conhecimentos passados e pela amizade ao longo desses anos.

A Profa. DSc. Patrícia Fontes Pinheiro pela disponibilidade e sugestões para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos pesquisadores DSc. Maria Amélia e DSc. Aymbiré Francisco Almeida da Fonseca, pela grandiosa contribuição disponibilizando os materiais genéticos avaliados.

Ao pesquisador DSc. Cesar Abel Krohling e ao professor DSc. Lucas Louzada Pereira pela disponibilidade e sugestões na defesa deste trabalho.

Aos professores do curso de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, pelos ensinamentos repassados.

Ao Doutorando Lindomar de Souza Machado pela parceria e conselhos no desenvolvimento deste trabalho.

“Os que se encantam com a prática sem a ciência são como os timoneiros que entram no navio sem timão nem bússola, nunca tendo certeza do seu destino”

(Leonardo da Vinci)

BIOGRAFIA

Cyntia Meiry da Silva Machado, natural de Vitória, filha de Leda Raquel da Silva, neta de Eunice Caldas e João Candido, casada com Lindomar de Souza Machado, mãe de João Ricardo da Silva Machado. Passou toda sua infância no município de Alegre-ES, onde cursou o ensino fundamental na escola Professor

Lellis, ensino médio na escola Aristeu Aguiar, em 2000 ingressou no curso de engenharia Agrônômica no então Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo no mesmo município. Após se formar trabalhou no setor privado no ramo da cafeicultura em renomadas cooperativas da área. Subsequentemente, em 2013 retornou à universidade para dar continuidade as atividades acadêmicas iniciando o curso de mestrado em Genética e Melhoramento, concluindo no início de 2015 e neste mesmo ano deu início ao curso de doutorado no mesmo programa e tendo concluído na presente data.

RESUMO

Machado, Cyntia Meiry da Silva. **Caracterização físico-química de diferentes genótipos de *Coffea arabica***. 2019. 116p. Tese (Genética e Melhoramento) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre – ES. Orientador: Fábio Luiz Partelli; Coorientadores: Adésio Ferreira, Maria Amélia Gava Ferrão.

A composição físico-química do grão vem sendo estudada com objetivo de caracterizar os compostos presentes no fruto do café. No café arábica este interesse em correlacionar a caracterização química e os parâmetros genéticos é recente. Este trabalho, objetivou verificar a caracterização de genótipos de *Coffea arabica* L. quanto a características físico-químicas como acidez titulável total, condutividade elétrica, lixiviação de íons de potássio e o potencial hidrogeniônico, assim como características presentes em pequenas porções nos fruto do café, porém vitais para formação do *flavor* aromático e que apresentam características bioativas em nossos organismos como trigonelina, ácido clorogênico (5-CQA) e a cafeína, os grãos avaliados são referentes a dois anos agrícolas (2014/15 e 2015/16), ambos submetidos a dois processamentos via seca(natural) e via úmida (cereja descascada). As amostras utilizadas nas análises são de 40 genótipos elites de *C. arabica* tais materiais genéticos são oriundos de cruzamentos envolvendo genitores comerciais (“Catuaí”, “Caturra”) com diferentes fontes de (“Híbrido de Timor”, “Vila Sarchi”, “Icatú”), desta forma, os parentais apresentam diferentes fontes de resistência a ferrugem do cafeeiro. As análises foram realizadas nos laboratórios do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias (CCAEE) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). As determinações foram realizadas em três repetições e todos os resultados foram expressos em base seca. Foi encontrado interação entre os fatores genótipos x anos x processamentos para todas variáveis analisadas, condições climáticas foram atuantes para obtenção de interação. As variáveis físico-químicas avaliadas apresentaram variabilidade genética, bem como alta herdabilidade e discriminação. As variáveis condutividade elétrica e lixiviação de potássio contribuíram significativamente para a diversidade genética dos genótipos encontrada. Assim este trabalho aponta compostos químicos contribuem e podem indicar um método de seleção de genótipos com diferentes caracterizações através de análises de fácil realização; e demonstra alguns fatores processamento, condições ambientais influenciam na constituição química do café.

Palavras-chave: cafeicultura, caracterização físico-química, caracterização de compostos bioativos, parâmetros genéticos, diversidade genética.

ABSTRACT

Machado, Cyntia Meiry da Silva. **Physical-chemical characterization of different genotypes of *Coffea arabica***. 2019. 116p. Thesis (Genetics and Breeding) - Federal University of Espirito Santo, Alegre - ES. Advisor: Fábio Luiz Partelli; Co-mentors: Adésio Ferreira, Maria Amélia Gava Ferrão.

The physicochemical composition of the grain has been studied in order to characterize the compounds present in the coffee fruit. In Arabica coffee this

interest in correlating chemical characterization and genetic parameters is recent. The objective of this work was to verify the characterization of *Coffea arabica* L. genotypes in relation to physicochemical characteristics such as total titratable acidity, electrical conductivity, potassium ion leaching and hydrogenation potential, as well as characteristics present in small portions of the coffee fruit, but vital for the formation of the aromatic flavor and that present bioactive characteristics in our organisms such as trigonelin, chlorogenic acid (5-CQA) and caffeine, the evaluated grains refer to two agricultural years (2014/15 and 2015/16), both submitted to two dry (natural) and wet (peeled cherry) processes. The samples used in the analyzes are of 40 *C. arabica* elite genotypes. Such genetic material comes from crosses involving commercial breeders ("Catuaí", "Caturra") with different sources of ("Hybrid of Timor", "Vila Sarchi" Icatú"), in this way, the parental present different sources of resistance to coffee rust. The analyzes were carried out in the laboratories of the Center of Agrarian Sciences and Engineering (CCAEE) of the Federal University of Espírito Santo (UFES). The determinations were performed in three replicates and all results were expressed on dry basis. It was found interaction between the factors genotypes x years x processing for all analyzed variables, climatic conditions were acting to obtain interaction. The physical-chemical variables evaluated showed genetic variability, as well as high heritability and discrimination. The variables electrical conductivity and potassium leaching contributed significantly to the genetic diversity of the genotypes found. Thus, this work points out chemical compounds contribute and may indicate a method of selection of genotypes with different characterizations through easy to perform analyzes; and shows some processing factors, environmental conditions influence the chemical constitution of the coffee.

Key words: coffee cultivation, physical-chemical characterization, characterization of bioactive compounds, genetic parameters, genetic diversity.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO / ARTIGO 1

Tabela 1 – Quadrados médios da análise de variância conjunta dos caracteres Físico-químicas avaliados de grão crus de 40 genótipos de *Coffea arabica*, em duas formas de processamento de dois anos de colheita..... 32

Tabela 2 – Médias da condutividade elétrica (CE) dos 40 genótipos <i>C. arabica</i> nos desdobramentos anos/processamento e processamento/anos.....	34
Tabela 3 - Médias da acidez titulável total (ATT) dos 40 genótipos <i>C. arabica</i> nos desdobramentos anos/processamento e processamento/anos	40
Tabela 4 – Médias da lixiviação de potássio (LK) dos 40 genótipos <i>C. arabica</i> nos desdobramentos anos/processamento e processamento/anos.....	43
Tabela 5 - Médias de potencial hidrogeniônico (pH) dos 40 genótipos <i>C. arabica</i> nos desdobramentos anos/processamento e processamento/anos.....	46
Tabela 6 – Médias de trigonelina (TRIG) dos 40 genótipos <i>Coffea arabica</i> nos desdobramentos anos/processamento e processamento/anos	53
Tabela 7 – Médias de ácido clorogênico (ACCL) dos 40 genótipos <i>Coffea arabica</i> nos desdobramentos anos/processamento e processamento/anos....	57
Tabela 8 – Médias de cafeína (CAF) dos 40 genótipos <i>Coffea arabica</i> nos desdobramentos anos/processamento e processamento/anos	61

CAPÍTULO / ARTIGO 2

Tabela 1 – Estatística geral e estimativa de parâmetros genéticos dos caracteres Físico-químicas avaliados de grão crus de 40 genótipos de <i>Coffea arabica</i> , em duas formas de processamento de dois anos de colheita.....	79
Tabela 2 – Correlações fenotípica na diagonal superior e genotípicas na diagonal inferior entre as variáveis acidez titulável total (ATT), condutividade elétrica (CE), lixiviação de potássio (LK), potencial hidrogeniônico (pH), trigonelina (TRIG), ácido clorogênico (ACCL) e cafeína (CAF) de 40 genótipos de <i>Coffea arabica</i> submetidos a dois processamentos, grão cereja natural e descascado	81
Tabela 3 - Índice de seleção de Mulamba e Mock dos valores genotípicos preditos das variáveis acidez titulável total (ATT), condutividade elétrica (CE), lixiviação de potássio (LK), potencial hidrogeniônico (pH), trigonelina (TRIG), ácido clorogênico (ACCL) e cafeína (CAF) avaliados de grão crus de 40 genótipos de <i>Coffea arabica</i> avaliados em dois anos e dois processamentos	82

CAPÍTULO / ARTIGO 3

Tabela 1 - Contribuição relativa com base nos valores genotípicos preditos das variáveis acidez titulável total (ATT), condutividade elétrica (CE), lixiviação de potássio (LK), potencial hidrogeniônico (pH), trigonelina (TRIG), ácido clorogênico (ACCL) e cafeína (CAF) de 40 genótipos de <i>Coffea arabica</i> , em duas formas de processamento de dois anos de colheita para divergência genética de acordo com Singh (1981), cálculo feito com médias não padronizadas.....	98
--	----

Tabela 2 – Desempenho (média e desvio padrão) das variáveis acidez titulável total (ATT), condutividade elétrica (CE), lixiviação de potássio (LK), potencial hidrogeniônico (pH), trigonelina (TRIG), ácido clorogênico (ACCLO) e cafeína (CAF) de 40 genótipos de *Coffea arabica*, em duas formas de processamento de dois anos para cada grupo formado no estudo de diversidade genética pelo método UPGMA utilizando os valores genotípicos preditos (BLUP) 99

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO / ARTIGO 1

Figura 1 - Precipitação mensal dos anos agrícolas 2013/14, 2014/15 e 2015/16 registrados na fazenda experimental de Venda Nova do Imigrante – ES, onde está instalado o experimento com os 40 genótipos de *Coffea arabica* avaliados 26

Figura 2 – Resumo da caracterização físico-química com a média de anos do grão crus de 40 genótipos de *Coffea arabica* em duas formas de processamento e a média geral dos anos e processamento de cada genótipo 50

Figura 3 – Resumo da caracterização cromatográfica com a média de anos de colheita de grão crus de 40 genótipos de *Coffea arabica* em duas formas de processamento..... 64

CAPÍTULO / ARTIGO 3

Figura 1 - Heatmap de 40 genótipos de *Coffea arabica*, em duas formas de processamento de dois anos de colheita com base nos valores genotípicos preditos das variáveis acidez titulável total (ATT), Condutividade elétrica (CE), Lixiviação de potássio (LK), potencial hidrogeniônico (pH), trigonelina (TRIG), ácido clorogênico (ACCLO) e Cafeína (CAF), o ponto de corte de acordo com Mojena, CCC= 0,77..... 96

LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

ACCLO	Ácido clorogenico (5-CQA)
ATT	Acidez titulável total
CLAE	Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC -High Performance Liquid Chromatography)
CAF	Cafeína

CE	Condutividade elétrica
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
IAL	Instituto Adolfo Lutz
IOC	International Coffee Organization
INCAPER	Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural
LK	Lixiviação de potássio
PH	Potencial hidrogeniônico
TRIG	Trigonelina

SUMÁRIO

CAPÍTULO / ARTIGO 1

INTRODUÇÃO GERAL	17
OBJETIVOS.....	19
OBJETIVO GERAL.....	19
RESUMO.....	22

MATERIAL E MÉTODOS	25
PREPARO DAS AMOSTRAS EM GRÃOS VERDES E CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO	25
ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO GRÃO VERDE BENEFICIADO.....	27
ANÁLISES SIMULTÂNEAS DE CAFEÍNA, TRIGONELINA E 5-CQA POR CROMATOGRAFIA LÍQUIDA DE ALTA EFICIÊNCIA (CLAE) DO GRÃO VERDE BENEFICIADO.....	28
ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS.....	29
RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	30
CONCLUSÃO	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65

CAPÍTULO / ARTIGO 2

RESUMO.....	70
ABSTRACT.....	71
INTRODUÇÃO	72
MATERIAL E MÉTODOS	73
PREPARO DAS AMOSTRAS EM GRÃOS VERDES E CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO	73
ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO GRÃO VERDE BENEFICIADO.....	75
ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS.....	76
RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	77
CONCLUSÃO	84
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	84

CAPÍTULO / ARTIGO 3

RESUMO.....	87
SUMMARY	87
MATERIAL E MÉTODOS	90
PREPARO DAS AMOSTRAS EM GRÃOS VERDES E CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO	91
ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO GRÃO VERDE BENEFICIADO.....	92
ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS.....	93
RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	94

CONCLUSÃO	100
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	100
APÊNDICE.....	103

INTRODUÇÃO GERAL

As espécies do gênero *Coffea* são uma das matérias-primas com maior importância no comércio internacional (ALVES; CASAL; OLIVEIRA, 2009).

O cultivo comercial das espécies *C. canephora* e *C. arabica* no Brasil, são uma das atividades agrícolas que desempenham papel importante no desenvolvimento econômico do país (RODRIGUES *et al.*, 2016). A espécie *C. arabica* apresenta especialmente importância no agronegócio, gerando emprego e manutenção de trabalhadores nas zonas rurais.

O Brasil é o maior produtor mundial de café, contribuindo com aproximadamente 36% da produção mundial da espécie, com base nesses números a performance da cafeicultura é possível verificar que mais de 1/3 do café consumido no mundo é produzido no território nacional (IOC, 2019). O estado do Espírito Santo, ocupa o lugar de segundo maior contribuidor para produção nacional (CONAB, 2019).

Resultados estes devem-se ao decorrente incentivo dos programas de renovação e revigoramento de lavouras, condições climáticas favoráveis para a cultura, atrelados aos pacotes tecnológicos, o melhoramento genético do cafeeiro, vêm se apresentando como uma das áreas que mais tem contribuído para o desenvolvimento da cafeicultura brasileira.

Atualmente, destacam-se as pesquisas direcionadas para a obtenção de cultivares tolerantes à estresses bióticos e abióticos (DALCOMO *et al.*, 2017) caracterizações e relação entre os aspectos físico-químicas e qualidade de cafés especiais (BORÉM *et al.*, 2016, DE LIMA *et al.*, 2016; JESZKA-SKOWRON *et al.*, 2016; KITZBERGER *et al.*, 2013, SCHOLZ *et al.*, 2011)

Concomitante a essas pesquisas e incentivos, o mercado consumidor mundial, demanda cada vez mais por cafés especiais, e o setor cafeeiro, vem investindo para atender esse novo mercado que surge (DE LIMA *et al.*, 2016). Na esfera mundial, esses cafés têm despertado o interesse dos cafeicultores, diante da maior valorização econômica do grão de qualidade, o desenvolvimento de

pesquisas, que propiciam uma relação entre a composição química e que associam estas diferenças à variabilidade genética, tem chamado a atenção dos pesquisadores, apesar de ainda serem encontrados poucos relatos (KITZBERGER *et al.*, 2013; LEROY *et al.*, 2006 ; BERTRAND *et al.*, 2003, 2008; KY *et al.*, 2001).

A identificação da composição química do café pode ser feita por diversos métodos, dentre eles, as análises físico-químicas. Geralmente, as análises físicas envolvem métodos mais simples e baratos, como a gravimetria e a volumetria, e fornece dados como a umidade, conteúdo mineral, teor de carboidratos e lipídeos, pH e acidez, dentre outros (FILHO *et al.*, 2015).

Para as análises química, foi utilizada a cromatografia que é uma técnica que permite separar compostos dificilmente separados por técnicas mais simples, como as extrações utilizadas na análise física. Por exemplo, na análise de acidez titulável total um tipo de análise física, é possível identificar a acidez dos grãos de café, mas não é possível saber quais ácidos estão atuando, pois não se consegue separá-los. Assim, utiliza-se a cromatografia para separar estes ácidos.

Neste trabalho, ambas as técnicas foram empregadas para verificar a presença e quantificar os compostos químicos presentes em amostras de 40 genótipos de *C. arabica*.

O conhecimento acerca dos constituintes químicos do grão de café tais como os compostos nitrogenados, carboidratos, lipídios e compostos bioativos, como ácidos clorogênicos, flavonoides, vitaminas e minerais, cafeína e melanoidinas (MORAIS *et al.*, 2009; LIMA *et al.*, 2010) são determinantes para a compreensão destes compostos, gerando as diferentes constituições químicas

Este conhecimento gerará um entendimento científico sobre a caracterização dos genótipos, facilitando a linguagem e o trabalho dos pesquisadores; confirmará cientificamente a existência de diferença qualitativa entre amostras de café arábica, tornando esta verdade palpável aos produtores e ao mercado,

e valorizando o produto; e poderá gerar padrões que permitirão a classificação química das amostras.

Na maioria dos trabalhos, não é possível atribuir as variações descritas somente à origem genética dos cafés. Além disso, muitos autores não têm registros sobre as informações genéticas das amostras ou sobre o histórico de cruzamento das variedades empregadas (BOREM *et al.*, 2016; MARTINEZ *et al.*, 2014; KITZBERGER *et al.*, 2013; SCHOLZ *et al.*, 2011; ROGERS *et al.*, 1999; BALZER, 2001; KY *et al.*, 2001; VAAST *et al.*, 2006; GEROMEL *et al.*, 2008; SRIDEVI *et al.*, 2010).

A espécie *C. arabica* é a única do gênero *Coffea* autógama, com taxa de polinização cruzada pequena, considerada, portanto autofértil, com $2n=4X=44$ cromossomos (alotetraplóide) (MACHADO *et al.*, 2017, MEDINA FILHO, 2008, RODRIGUES *et al.*, 2016), a condução da população se dá através de várias autofecundações (F) até chegar a homozigose para seguir com a seleção dos melhores indivíduos. Diante dessas dificuldades inerentes ao processo de melhoramento do cafeeiro, é de grande importância a utilização de características auxiliares nos processos de seleção (DE LIMA *et al.*, 2016), para que se possa direta ou indiretamente, selecionar grãos com o potencial desejado.

OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

- Caracterizar 40 genótipos elites de *C. arabica* através de análises físico-químicas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar caracteres físico-químicos de amostras de café arábica por meio de análises.
- Estimar parâmetros genéticos e ganho de seleção por meio de análises físico-químicas.
- Predição e diversidade genética dos 40 genótipos de *C. arabica* do Banco ativo de germoplasma do Incaper.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira. Café: primeiro levantamento janeiro/2019**. Brasília, 2019. Disponível em: < <file:///D:/BoletimZCafeZjaneiroZ2019.pdf> >. Acesso em: 23 de janeiro, 2019.

BALZER, H.H. 1-B acids in coffee. In: CLARKE, R.J.; VITZTHUM, O.G. Coffee: recent developments. Berlin: **Blackwell Science**, 2001. 257p

BOREM, Flavio M. *et al.* The relationship between organic acids, sucrose and the quality of specialty coffees. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 8, p. 709-717, 2016.

DALCOMO, Jose Maria *et al.* Growth comparison of 22 genotypes of conilon coffee after regular pruning cycle. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 1, p. 63-70, 2017.

DE LIMA, A. E. *et al.* Agronomic performance of 'Bourbon's' group coffee plants populations. **Coffee Science**, v. 11, n. 1, p. 22-32, 2016.

FILHO, T.L. *et al.* Características físico-químico-químicas de bebidas de café tipo expresso preparadas a partir de blends de café arábica e conilon. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 62, n.4, p. 333-339, jul/ago 2015.

GEROMEL, C. *et al.* Effects of shade on the development and sugar metabolism of coffee (*Coffea arabica* L.) fruits. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.46, p.569-579, 2008.

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION – IOC. Disponível em: < <http://www.ico.org/> > Acesso em: jun.2018.

JESZKA-SKOWRON, M. *et al.* Chlorogenic acids, caffeine content and antioxidant properties of green coffee extracts: influence of green coffee bean preparation. **European Food Research and Technology**, v. 242, n. 8, p. 1403-1409, 2016.

KY, C.L. *et al.* Caffeine, trigonelline, chlorogenic acids and sucrose diversity in wild *Coffea arabica* L. and *C. canephora* P. accessions. **Food Chemistry**, v.75, p.223-230, 2001.

KITZBERGER, C. S. G. *et al.* Composição química de cafés arábica de cultivares tradicionais e modernas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 11, p. 1498-1506, 2014.

LIMA, A. R.; PEREIRA, R. G. F. A.; ABRAHÃO, S. A. Compostos bioativos do café: atividade antioxidante *in vitro* do café verde e torrado antes e após a descafeinação. **Química Nova**, São Paulo, v. 33, n.1, p. 20-24, 2010.

LEROY, T. *et al.* Genetics of coffee quality. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.18, p.229-242, 2006.

MACHADO, C. M. S. *et al.* Genetic diversity among 16 genotypes of *Coffea arabica* in the Brazilian Cerrado. **Genetics and Molecular Research**, v. 16, n. 3, 2017.

MARTINEZ, H. E. P. *et al.* Nutrição mineral do cafeeiro e qualidade da bebida. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, Suplemento, p. 838-848, nov/dez, 2014.

MORAIS, S. A. L.; AQUINO, F. J. T.; NASCIMENTO, P. M. N.; NASCIMENTO, E. A.; CHANG, R. Compostos bioativos e atividade antioxidante do café conilon submetido a diferentes graus de torra. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 327-331, 2009.

MEDINA FILHO, H.P., BORDIGNON, R.; CARVALHO, C.H.S. Desenvolvimento de Novas Cultivares de Café Arábica. Cultivares de Café: origem, características e recomendações. Brasília, **EMBRAPA Café**. p.77-99, 2008.

RODRIGUES, W. N. *et al.* Biometry and diversity of Arabica coffee genotypes cultivated in a high density plant system. **Genetic and Molecular Research**, v. 15, p. 1-12, 2016.

ROGERS, W.J. *et al.* Changes to the content of sugars, sugar alcohols, myo-inositol, carboxylic acids and inorganic anions in developing grains from different varieties of Robusta (*Coffea canephora*) and Arabica (*C.Arabica*) coffees. **Plant Science**, v.149, p.115-123, 1999.

SCHOLZ, M. B. S. *et al.* Característica físico-químicas de grãos verdes e torrados de cultivares de café (*Coffea arabica* L.) do Iapar. **Coffee Science**, Lavras, v. 6, n. 3, p. 245 – 255, mai./ago. 2011.

SRIDEVI, V.; GIRIDHAR, P.; RAVISHANKAR, G.A. Free diterpenes cafestol and kahweol in beans and in vitro cultures of *Coffea* species. *Current Science*, v.99, p.1101-1104, 2010.

VAAST, P. *et al.* Fruitthinning and shade improve bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L.) under optimal conditions. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.86, p.197-204, 2006.

CAPÍTULO / ARTIGO 1

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE GENÓTIPOS DE *COFFEA* *ARABICA* POR VIA UMIDA E VIA SECA

RESUMO

A identificação de genótipos de *Coffea arabica* L. que apresentem simultaneamente características agronômicas de interesse como produtividade, resistência a estresses bióticos ou abióticos, e com uma caracterização físico-químicas conhecida, tornam-se necessários para busca da sustentabilidade da cafeicultura. Desta forma, este trabalho teve como objetivo de caracterizar 40 genótipos de *C. arabica* em geração F6/F7 genótipos oriundos de cruzamentos envolvendo genitores comerciais (“Catuai”, “Caturra”) com diferentes fontes de (“Híbrido de Timor”, “Vila Sarchi”, “Icatú”), desta forma, os parentais apresentam diferentes fontes de resistência a ferrugem do cafeeiro. Observou-se, variabilidade dos genótipos analisados, foi possível agrupar as amostras de acordo com as variáveis químicas. Agrupamentos semelhantes foram observados no processamento natural e cereja descascado para as variáveis condutividade elétrica, lixiviação de potássio, cafeína, ácido clorogênico, no primeiro ano avaliado. No segundo ano agrupamentos semelhantes foram encontrados em ambos processamentos para as variáveis condutividade elétrica, cafeína.

Palavras-chave: cafeicultura, caracterização físico-química, caracterização de compostos bioativos, variabilidade, interação.

PHYSIOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF GENOTYPES OF COFFEA ARABICA BY WET PROCESSING AND DRY PROCESSING

The identification of *Coffea arabica* L. genotypes that simultaneously present agronomic characteristics of interest such as productivity, resistance to biotic or abiotic stresses, and with a known physicochemical characterization, are necessary to search for the sustainability of coffee cultivation. Accordingly, this work aimed to characterize 40 genotypes of *C. arabica* in the F6 / F7 generation genotypes from crosses involving commercial breeders ("Catuaí", "Caturra") with different sources of ("Hybrid of Timor", "Vila Sarchi ", "Icatú "), in this way, the parental present different sources of rust resistance of the coffee tree. It was observed, variability of the analyzed genotypes, it was possible to group the samples according to the chemical variables. Similar groupings were observed in the natural processing and peeled cherry for the variables electrical conductivity, potassium leaching, caffeine, chlorogenic acid, in the first year evaluated. In the second-year similar groupings were found in both processing for the electrical conductivity, caffeine variables.

Key words: coffee cultivation, physico-chemical characterization, characterization of bioactive compounds, variability, interaction.

INTRODUÇÃO

Ao contrário de outras *commodities*, o preço do café é formulado pela qualidade final do grão, principalmente pelos países importadores do produto, sendo assim, pesquisas sobre a cultura não podem se limitar somente na busca pelo aumento da produção, mas pela procura por genótipos que respondam a qualidade do grão.

O desafio, portanto, para os programas de melhoramento, é desenvolver cultivares que respondam a essas características agronômicas e a padrões de qualidade. No processo de melhoramento, o Instituto Agrônomo do Paraná (Iapar) realizou cruzamentos entre *Coffea arabica* 'Villa Sarchi' e o 'Híbrido de Timor' (Sarchimor) visando a obtenção de cultivares resistentes a ferrugem (KITZBERGER *et al.*, 2013; SHOLZ *et al.*, 2011). Outros cruzamentos foram realizados pelo Iapar, o Catuaí, visando a redução do porte da planta e o Obatã por sua vez além da elevada resistência a ferrugem, possui maturação tardia e alta produtividade.

Diversos estudos têm relacionado as diferenças na composição físico-química do café com o ambiente de produção, colheita e pós-colheita, fatores agronômicos e edafoclimáticos (altitude, temperatura, demanda hídrica, tipos e níveis de adubação) (CLEMENTE *et al.*, 2014; MALTA *et al.*, 2013; SHOLTZ *et al.*, 2011). Além da origem genética e diversidade genética da espécie *C. arabica*, estudos realizados demonstram que tais fatores são um dos possíveis determinantes na formação química do grão (SCHOLZ *et al.*, 2011). Contudo, poucos são os relatos que associam estas diferenças à variabilidade genética (espécie e cultivar) dos cafés.

O conhecimento acerca do perfil químicos através da composição dos grãos permitirá melhor aproveitamento da diversidade genética do *C. arabica*, ampliando a exportação do grão para mercados exigentes em qualidade, consequentemente mais competitivos. No café são encontrados, mais de 700 compostos que são responsáveis por essa fração volátil (JESZKA-SKOWRON *et al.*, 2016).

Muitos destes compostos, apesar da pequena quantidade encontrada no grão verde, desempenham um papel enorme na formação de aroma e sabor do café. Tais componentes como cafeína, trigonelina e ácidos clorogênicos, são geneticamente controlados e podem ser selecionados para melhorar a qualidade da bebida e resposta ao estresse ambiental (FARAH; DONANGELO 2006; JÖET *et al.* 2010).

Diante da necessidade de maiores estudos quanto à relevância entre os genótipos e a caracterização físico-química dos grãos, este trabalho foi realizado com 40 genótipos elites de *C. arabica* em diferentes formas de processamento e anos.

MATERIAL E MÉTODOS

PREPARO DAS AMOSTRAS EM GRÃOS VERDES E CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

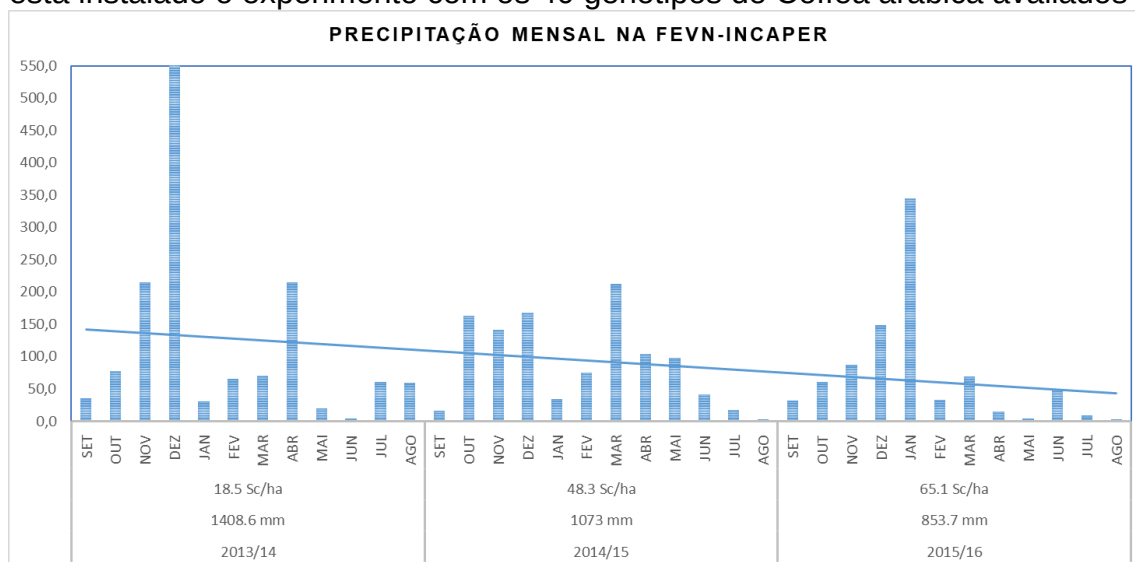
Foram estudados 40 genótipos elites de café arábica do programa de melhoramento genético do Incaper em avaliação na Fazenda Experimental de Venda Nova (FEVN). Os tratamentos 01 (Obatã, pertencente à população de Sarchimor, sendo resultado do cruzamento artificial entre o cultivar Vila Sarchi CIFC 971/10 e o Híbrido de Timor CIFC 832/2) e 40 (Catuaí Vermelho IAC 44, hibridização artificial de Caturra Amarelo IAC 476-11 com Mundo Novo IAC 374-19) são testemunhas locais e os de números 02 a 39 são progênies F6/F7 oriundos de cruzamentos envolvendo genitores comerciais ('Catuaí', 'Caturra') com diferentes fontes de resistência a ferrugem, como 'Híbrido de Timor', 'Vila Sarchi' e 'Icatú'.

O Experimento com os 40 materiais genéticos foi implantado na Fazenda Experimental de Venda Nova, a 720 m de altitude, em 22 de março de 2011, no delineamento de blocos casualizados com três repetições, 16 plantas por parcela e no espaçamento de 2,2 x 0,8 m, que equivale a densidade de 5681/ha plantas.

A Fazenda de Venda Nova, localiza-se no município de Venda Nova do Imigrante, região Serrana do Espírito Santo, em LAT: 20,385° S LON: 41,189° W ALT: 722 m. Caracteriza-se com solo acidentado, clima chuvoso e

temperaturas baixas, segundo o Mapa de Unidades Naturais (FEITOSA *et al.*, 1999).

Figura 1 - Precipitação mensal dos anos agrícolas 2013/14, 2014/15 e 2015/16 registrados na fazenda experimental de Venda Nova do Imigrante – ES, onde está instalado o experimento com os 40 genótipos de *Coffea arabica* avaliados



Fonte: Incaper, Vitória- ES, 26 de fevereiro de 2019.

As adubações de plantio, de formação e de coberturas foram realizadas com base nos resultados da análise de solo e recomendação técnica (FERRÃO *et al.*, 2008). Realizou-se os tratos culturais na linha com base nas necessidades da cultura e nas entre linhas com alternância de roçadas e controle químico. O experimento foi conduzido sem irrigação e sem controle de doenças. No período de formação, foi realizado controle químico de bicho mineiro.

As amostras de café deste estudo são oriundas da segunda e terceira colheita do experimento que correspondem as safras 2014/2015 e 2015/2016, respectivamente. Todas as amostras de grãos crus de café foram colhidas, preparadas e processadas na FEVN.

Os frutos de café maduros, colhidos seletivamente, foram processados por via seca e via úmida. No processamento via seca, que resulta nos cafés naturais, quatro litros dos frutos foram lavados e selecionados manualmente, para garantir

a uniformidade da amostra em relação ao estágio de maturação, foram separados os grãos verdes dos cerejas.

Concomitantemente, realizou a colheita de oito litros de café e realizou o processamento do café via úmida, os frutos foram lavados e descascados mecanicamente, durante esse processo o fruto cereja perde facilmente a casa sendo denominado Cereja Descascado (CD).

As amostras dos 40 genótipos dos dois tipos de processamento foram secas em terreiro suspenso e coberto e, rigorosamente monitoradas tecnicamente para não ocorrer misturas. Quando atingiram 11,5%, foram armazenadas adequadamente no laboratório de pós-colheita da FEVN até o beneficiamento.

Após beneficiamento, 400 gramas das amostras de cafés dos 40 genótipos processados via seca e CD (total de 80 amostras) foram enviadas para o Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da UFES, para a realização das análises físico-químicas, as quais foram realizadas nos laboratórios de Química, Biotecnologia e de Melhoramento de Plantas.

As determinações foram realizadas em três repetições e todos os resultados foram expressos em base seca.

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO GRÃO VERDE BENEFICIADO

Para as análises de potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável total (ATT), as amostras de grãos crus (beneficiados), foram moídas em moinho elétrico de facas do tipo Willye TE-650, da marca Tecnal, em granulometria fina (20 mesh), embalados separadamente em embalagens de polietileno, selados e armazenadas até o momento da realização das análises.

Para análise de pH foram mensurados 5 g da amostra de café moído e adicionado 50 mL de água destilada, agitando-se por 60 minutos em mesa agitadora orbital MA376 da marca Marconi a 150 rpm. Em seguida, foi realizada a leitura em potenciômetro, à temperatura ambiente (IAL, 2008). A acidez titulável total foi realizada a partir do mesmo extrato da análise de pH com auxílio

do potenciômetro. Foram retiradas uma alíquota de 2ml do sobrenadante posteriormente adicionadas 50 mL de água destilada, acrescidos de 2 a 3 gotas de fenolftaleína e feita uma titulação com NaOH 0,1N até pH 8,2 (ponto de viragem da fenolftaleína), sob temperatura ambiente. Os resultados foram expressos em mL de NaOH 0,1N por 100g de amostra (IAL, 2008).

As análises de condutividade elétrica (CE), nos grãos crus de café foram realizadas adaptando-se a metodologia proposta por Vieira e Krzyzanowski (1999). Foram separados 50 grãos de café sem defeitos visíveis, e as massas aferidas (precisão de 0,001g). Subsequentemente, estas amostras foram imersas em 75 mL de água deionizada no interior de copos plásticos de 180 mL de capacidade. Após um período de 5 horas de embebição, as soluções foram filtradas para a retirada total dos grãos de café sendo vertidas para outro recipiente, onde foi realizada a leitura da condutividade elétrica em condutivímetro da marca Digimed. Os resultados foram expressos em $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ de amostra.

Após a leitura da condutividade elétrica (CE), as soluções foram diluídas em alíquotas de 20 ml e submetidas à determinação da quantidade de potássio lixiviado (LK) (PRETE, 1995). A leitura foi feita em fotômetro de chama DM-62 da marca Digimed. Com os dados obtidos, foram calculadas a concentração de potássio lixiviado, e os resultados expressos em ppm.

ANÁLISES SIMULTÂNEAS DE CAFEÍNA, TRIGONELINA E 5-CQA POR CROMATOGRAFIA LÍQUIDA DE ALTA EFICIÊNCIA (CLAE) DO GRÃO VERDE BENEFICIADO.

Para a determinação dos teores de ácido clorogênico (5-CQA), trigonelina e cafeína, foram utilizados os procedimentos de extração com água quente, segundo Vitorino *et al.* (2001), com 0,5 g de café cru com 100 mL de água de osmose reversa (80°C) agitados por 10 minutos, após esse tempo a amostra é filtrada com papel de filtro qualitativos e posteriormente filtradas com filtro para seringa de 0,45 micra.

A determinação foi realizada por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) (ABRAHÃO *et al.*, 2008), com cromatógrafo da marca Shimadzu (modelo

Prominence), coluna de fase reversa C-18 Slim-pack VP-ODS Shimadzu (250 mm de comprimento x 4,6 mm DI). A detecção foi realizada com um detector espectrofotométrico UV/visível Shimadzu (modelo SPD-20A), conectado por interface (CBM-20A) a um microcomputador para processamento de dados. As condições de análise utilizadas foram: fluxo de 1 mL/ min; fase móvel: metanol, água e ácido acético (20:79,9:0,1); temperatura da coluna 40°C e comprimento de onda de 272 nm.

A identificação da cafeína (CAF), trigonelina (TRIG) e 5-CQA (ACCLO), foi realizada comparando o tempo de retenção e os espectros da matriz, que foi obtido com a utilização de um método padrão externo utilizado para determinar o teor de cada composto. Foi feita uma reta de calibração obtida a partir das áreas dos picos dos cromatogramas a 272 nm em função de concentrações conhecidas de soluções padrão de ácido clorogênico (ácido 5-cafeoilquínico), trigonelina (Cloridrato de 1-metilpiridínio-3-carboxilato) e cafeína (1,2,7-trimetilxantina), adquiridos da Sigma-Aldrich. Os resultados foram expressos em gramas (g) do composto por 100g de café moído em base seca.

ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos ao acaso, com três repetições e todos os resultados foram expressos em base seca, em esquema fatorial, sendo os fatores genótipos, processamento, sendo todos efeitos adotados como fixos e anos aleatórios.

Com os dados obtidos, foram submetidos à análise de variância conjunta, quando significativos ($P < 0,01$ ou $P < 0,05$) pelo teste de Fisher, foram utilizados o teste de comparação de médias de Tukey e o de agrupamento de médias de Skott e Knott, ambos a 5% de significância.

Para a determinação das análises, foram utilizados programas computacionais Genes (CRUZ, 2013), R Core Team (R CORE TEAM, 2017) e Rbio (BHERING, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os genótipos estudados indicaram a existência de variabilidade genética as variáveis físico-químicas analisadas (Tabela 1), o que é uma hipótese favorável para a realização de futuros programas melhoramento das características.

Efeitos significativos ($P < 0,05$) entre os genótipos, anos e processamentos, foram verificados apresentando interação significativa entre os fatores para todas as variáveis analisadas, com interações do tipo complexa entre os fatores (Tabela 1). O experimento obteve precisão, as variáveis exibiram coeficientes de variação experimental (CV%) menor a 7%.

A interação entre Genótipos x Anos x Processamentos (GxAxP) para todas as variáveis é um indicativo de comportamento diferenciado entre os diferentes materiais genéticos avaliados, recomendando a necessidade nas avaliações temporais e nas estratificações dos ambientes em futuros estudos de adaptabilidade e estabilidade.

No desdobramento da interação temporal e regional ($ITR_{G \times A}$) (adaptado para processamento dos caracteres), verificou-se os seguintes coeficientes de determinação médio para as variáveis analisadas: ATT 31%; CE 18,7%; LK 31,3%; pH 21%, TRIG 28,4%, ACCLO 19,3% e CAF 25,7% (Tabela 1). Programas de melhoramento devem visar a diminuição da interação temporal e regional, desta forma é possível obter fenótipos mais estáveis frente as variações ambientais (FERRÃO *et al.*, 2008; DALCOMO *et al.*, 2017; MARTINS *et al.*, 2017), acarretando maior segurança aos produtores rurais com parâmetros de interesses menos variáveis.

Simultaneamente, genótipos que apresentem reações interessantes para a $ITR_{G \times A}$ específicas em anos e genótipos diferentes podem ser encontrados para aproveitamento em programa de melhoramento geral. Esses valores de $ITR_{G \times A}$ foram em partes potencializadas pelas condições climáticas encontradas nos anos agrícolas apresentados anteriormente na metodologia do experimento.

Portanto foi possível as plantas investirem para o ano seguinte em crescimento vegetativo e produção, sendo assim confirmado em 2014/15, a produtividade média chegou a $48,3 \text{ sc/ha}^{-1}$, entretanto, o regime de chuvas observado no período foi menor ao ano agrícola anterior, sendo de 1073 mm, desta forma proporcionando condições estressantes as plantas, havendo em última instancia menos energia disponível para safra seguinte. Contudo, em 2015/16, houve acréscimo a produtividade média do experimento, sendo de $65,1 \text{ sc/ha}^{-1}$ em condições menor disponibilidade hídrica no período, sendo de 853,7mm, diante deste cenário de aumento da produtividade média, houve como consequência menor peneira de grãos devido ao déficit hídrico (Figura 1).

Diante deste cenário, particularidades foram observadas no estudo detalhado das variáveis físico-químicas.

Tabela 1 – Quadrados médios da análise de variância conjunta dos caracteres físico-químicos avaliados de grão crus de 40 genótipos de *Coffea arabica*, em duas formas de processamento de dois anos de colheita

FV	GL	ATT	CE	LK	pH	TRIG	ACCLO	CAF
(B/P)/A	8	13,33	293,08	27,49	0,001	0,005	0,011	0,001
Genótipo (G)	39	710**	14165**	2880**	0,03**	0,176**	4,078**	0,090**
Anos (A)	1	71757**	247344*	11498**	1,16**	10,13**	412,6**	3,55**
Processamento (P)	1	12100**	1678**	13078**	0,46**	10,06**	0,411**	0,675**
G x A	39	441,48**	4005**	626**	0,01**	0,111**	2,69**	0,044**
G x P	39	372,60**	1737**	478**	0,01**	0,166**	0,818**	0,028**
A x P	1	76,78*	62954**	45343**	0,63**	7,37**	1,132**	0,004
G x A x P	39	366,46**	1321**	503**	0,008**	0,110**	0,840**	0,025**
Resíduo	312	30,37	99,45	19,32	0,002	,005	0,076	0,006
Média		161,06	222,37	88,63	5,73	1,186	4,736	1,162
CV(%)		3,42	4,48	4,95	0,78	6,156	5,851	6,693
IT _{G X A} (R ² %)		37,4	56,7	38,9	40,6	28,7	61,9	45,2
IR _{G X P} (R ² %)		31,5	24,6	29,7	38,3	42,8	18,8	29,1
ITR _{G X A} (R ² %)		31,0	18,7	31,3	21	28,4	19,3	25,7

** e * significativo a 1% e 5% pelo teste F; CV (%): coeficiente de variação experimental; GL: graus de liberdade; ATT: acidez titulável total; CE: condutividade elétrica; LK: lixiviação de potássio; pH: potencial hidrogeniônico; TRIG: trigonelina; ACCLO: ácido clorogênico; CAF: cafeína; IT: interação temporal GxA; IR: interação regional (Processamentos) GxR; ITR: interação temporal e regional GxAxP.

Em análise dos desdobramentos dos valores médios da variável condutividade elétrica (CE) nos diferentes anos e processamentos, verifica-se diferentes comportamentos entre os genótipos e diferentes configurações de grupos de média, ratificando a existência da variabilidade genética entre os genótipos analisados (Tabela 2).

No estudo do desdobramento anos dentro dos processamentos no 1º ano (ano agrícola 2014/2015), os genótipos Obatã, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 21, 23, 25, 26, 31, 33, 34, 35, 37, 38, 39 apresentaram-se com CE menor no processamento CD, 11 genótipos não se diferiram entre os dois processamentos, sendo eles os genótipos 7, 11, 14, 15, 20, 22, 24, 28, 30 e o 40 (Catuaí Vermelho IAC 44) e os demais cinco genótipos 2, 3, 4, 29 e 36 apresentaram menores valores de CE no Natural, resultados estes apresentados na Tabela 2. No 2º ano, o padrão geral se manteve ao do 1º ano, contudo, com diferentes configurações (Tabela 2).

Resultados semelhantes foram verificados por Clemente et al. (2015) que observaram menores valores de condutividade elétrica para os cafés processados via úmida (despulpados), quando comparados com os cafés naturais, o que, segundo o autor, é resultado da manutenção das estruturas celulares e da qualidade do produto.

A condutividade elétrica (CE) tem sido relacionada a qualidade fisiológica do grão e qualidade de bebida, Goulart et al. (2003), verificou que elevados valores de lixiviação de potássio (LK) e de CE, apresentam-se como fortes indicadores de danos às membranas e parede celulares.

Os genótipos de forma geral agruparam-se de formas distintas em vários grupos dentro de cada desdobramento das interações pelo teste de Scott e Knott, sendo evidenciada a formação de seis grupos distintos de média no Natural, e seis grupos no CD nas combinações para o 1º ano (Tabela 2).

Tabela 2 – Médias da condutividade elétrica (CE) dos 40 genótipos *C. arabica* nos desdobramentos anos/processamento e processamento/anos

Genótipos	1° Ano		2° Ano		Natural		Descascado	
	Natural	Descascado	Natural	Descascado	1° Ano	2° Ano	1° Ano	2° Ano
1	192 B A	167 D b	157 C A	141 D b	192 a	157 b	167 a	141 b
2	157 F B	174 C a	167 B A	141 D b	157 b	167 a	174 a	141 b
3	105 G B	164 D a	146 D A	136 D b	105 b	146 a	164 a	136 b
4	157 F B	167 D a	146 D A	131 E b	157 a	146 b	167 a	131 b
5	183 C A	146 F b	141 E A	141 D a	183 a	141 b	146 a	141 a
6	165 E A	150 F b	131 E A	136 D a	165 a	131 b	150 a	136 b
7	157 F A	164 D a	157 C A	146 C b	157 a	157 a	164 a	146 b
8	174 D A	164 D b	141 E A	146 C a	174 a	141 b	164 a	146 b
9	191 B A	157 E b	146 D B	157 B a	191 a	146 b	157 a	157 a
10	183 C A	167 D b	136 E B	146 C a	183 a	136 b	167 a	146 b
11	174 D A	167 D a	141 E A	141 D a	174 a	141 b	167 a	141 b
12	209 A A	171 D b	162 C A	146 C b	209 a	162 b	171 a	146 b
13	183 C A	167 D b	141 E A	136 D a	183 a	141 b	167 a	136 b
14	174 D A	174 C a	146 D A	136 D b	174 a	146 b	174 a	136 b
15	174 D A	167 D a	167 B A	136 D b	174 a	167 b	167 a	136 b
16	167 D A	143 F b	162 C A	146 C b	167 a	162 a	143 a	146 a
17	171 D A	164 D b	152 D A	125 E b	171 a	152 b	164 a	125 b
18	188 C A	178 C b	162 C A	136 D b	188 a	162 b	178 a	136 b
19	178 C A	164 D b	152 D A	146 C a	178 a	152 b	164 a	146 b
20	174 D A	167 D a	152 D A	146 C b	174 a	152 b	167 a	146 b
21	199 A A	178 C b	167 B A	125 E b	199 a	167 b	178 a	125 b
22	164 E A	164 D a	152 D A	141 D b	164 a	152 b	164 a	141 b
23	192 B A	167 D b	157 C A	136 D b	192 a	157 b	167 a	136 b

Continua...

Continuação...

Genótipos	1º Ano		2º Ano		Natural		Descascado	
	Natural	Descascado	Natural	Descascado	1º Ano	2º Ano	1º Ano	2º Ano
24	185 C A	181 B a	136 E A	141 D a	185 a	136 b	181 a	141 b
25	199 A A	164 D b	157 C A	146 C b	199 a	157 b	164 a	146 b
26	192 B A	167 D b	162 C A	146 C b	192 a	162 b	167 a	146 b
27	178 C A	185 B a	157 C A	146 C b	178 a	157 b	185 a	146 b
28	199 A A	199 A a	157 C A	152 C a	199 a	157 b	199 a	152 b
29	171 D B	181 B a	162 C A	146 C b	171 a	162 b	181 a	146 b
30	167 D A	164 D a	167 B A	157 B b	167 a	167 a	164 a	157 a
31	188 C A	174 C b	136 E A	141 D a	188 a	136 b	174 a	141 b
32	164 E A	167 D a	141 E A	141 D a	164 a	141 b	167 a	141 b
33	178 C A	167 D b	157 C A	152 C a	178 a	157 b	167 a	152 b
34	192 B A	174 C b	183 A A	146 C b	192 a	183 a	174 a	146 b
35	202 A A	174 C b	157 C A	152 C a	202 a	157 b	174 a	152 b
36	164 E B	185 B a	152 D A	152 C a	164 a	152 b	185 a	152 b
37	185 C A	167 D b	152 D A	146 C a	185 a	152 b	167 a	146 b
38	181 C A	167 D b	172 B A	146 C b	181 a	172 a	167 a	146 b
39	199 A A	171 D b	167 B A	141 D b	199 a	167 b	171 a	141 b
40	167 D A	171 D a	178 A A	167 A b	167 b	178 a	171 a	167 a
$\bar{X}$ Geral	178	169	154	143	178	154	169	143
SD	18	10	12	8	18	12	10	8

$\bar{X}$ Geral: Média geral do tratamento; SD: desvio padrão da média. Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna, não se diferem entre si pelo teste de Scott e Knott e letras minúscula na linha, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

No 2º ano, observou-se a formação de cinco grupos distintos de média para o Natural e cinco para CD. Assim como no 1º ano, houve elevada discriminação dos genótipos em cada processamento. Os genótipos 5, 6, 8, 10, 11, 13, 24, 30 e 31 reuniram-se em um único grupo de menores valores médios de CE no processamento Natural, enquanto, os genótipos 4, 17 e 21 no CD (Tabela 2).

No estudo do desdobramento dos anos dentro dos fatores processamento, verificou-se que grande parte dos genótipos apresentaram menores valores médios de CE no 2º ano em ambos processamentos Natural ou CD. Avaliando processamento natural, foram encontrados 32 genótipos com valores médios inferiores no 2º ano, cinco não apresentaram diferenciação no decorrer dos anos. Observa-se que os genótipos 2, 3 e o 40 (Catuaí Vermelho IAC 44) apresentaram menores valores no processamento natural. Padrão similar foi observado no processamento CD, com maior porção dos genótipos de menores valores médios de CE sendo encontrados no 2º ano, total de 35 genótipos, e cinco não se diferenciaram nos anos (Tabela 2).

Desta maneira, ficou evidenciado que os genótipos do 2º ano tanto no processamento natural quanto em CD, apresentam de forma geral maior possibilidade de obtenção de qualidade, assim como relatado anteriormente, devido à relação direta inversa entre CE e qualidade. Porém, resultados sensoriais devem ser investigados.

Resultados obtidos nos desdobramentos dos valores médios da variável acidez titulável total (ATT) nos anos e processamentos, apontaram diferença em os genótipos e grupos de média, conotando a possibilidade de uma variabilidade genética entre eles (Tabela 3).

A acidez encontrada no café é proveniente de ácidos não voláteis como, oxálico, málico, cítrico, tartárico, pirúvico, e ácidos voláteis, como por exemplo, ácidos acéticos, valérico, butírico e propiônico (MARTINEZ *et al.*, 2014), a acidez apresenta maiores valores quando os grãos dispõem maior porção de carboidratos e estes são reduzidos a ácidos carboxílicos e CO, pela decomposição térmica (SIVETZ; DESROSIER, 1979).

No 1º ano averiguou-se que os genótipos Obatã (1), 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 17, 20, 24, 25, 28, 31, 33, 34 e 36 dispunham ATT menor no processamento Natural, 15 genótipos não se diferiram entre os processamentos no ano agrícola 2014/2015 sendo estes os genótipos 2, 3, 9, 13, 15, 18, 19, 21, 22, 23, 26, 30, 35, 37 e o Catuaí Vermelho IAC 44 (40) e os seis demais genótipos 14, 16, 27, 32, 38 e 39 apresentaram valores menores de ATT no CD, possivelmente, maiores valores de ATT em CD no 1º ano, devem-se a presença dos ácidos relatados anteriormente, juntamente com os ácidos clorogênicos, aos quais correspondem a aproximadamente 6 a 12% da massa seca do grão (FRANCA *et al.*, 2005), além de fatores com a interação genótipos x condições de cultivo, maturação dos grãos, processamento, armazenamento e entre outros (ROGERS *et al.*, 1999; VERARDO *et al.*, 2002).

Dentre as formas de processamento estudadas, normalmente o processamento natural é mais susceptível à ocorrência de fermentações indesejáveis (LIMA FILHO *et al.*, 2015) devido à manutenção de carboidratos presentes na mucilagem do grão, sendo este comportamento observado de forma geral 2º ano.

Onde, averiguou-se que, 22 genótipos do processamento natural com maiores valores de ATT, corroborando com Lima Filho *et al.*, (2015) que encontrou valores médios de 190,133 mL de NaOH 0,1N/100 g de amostra, ao estudar genótipos de *C. arabica* processados via natural (Tabela 3).

No presente estudos, todas as etapas de colheita e pós-colheita do café natural e do café descascado foram realizadas de maneira a garantir um produto final dentro dos padrões de qualidade, sem a ocorrência de fermentações indesejadas, o que pode explicar os resultados encontrados, onde 17 genótipos não se diferiram entre os processamentos e apenas o genótipo 11 apresentou maior valor de ATT no CD (Tabela 3).

Em condições de certo grau de déficit hídrico, principalmente no período de colheita, favorece a maturação mais uniforme dos grãos, técnica está já utilizada na cafeicultura, em certas situações pode haver maior concentração de

carboidratos e outros constituintes, mesmo em condições de menor enchimento de grãos como aconteceu no 2º ano (2015/16) (Figura 1).

Os genótipos de forma geral agruparam-se de forma distinta em vários grupos dentro de cada desdobramento das interações, sendo evidenciada a formação de sete grupos de média no PROCESSAMENTO NATURAL, e seis grupos no CD nas combinações para o 1º ano. Deve-se ressaltar o genótipo 3, ao qual, expressou o menor valor de ATT no 1º ano no PROCESSAMENTO NATURAL. Assim como, os genótipos 5, 6 e 16 no CD (Tabela 3).

No 2º ano observou-se a formação de cinco grupos distintos de média para o processamento natural e cinco para CD (Tabela 3). Assim, como no 1º ano houve elevada discriminação dos genótipos, em cada processamento. Os genótipos 5, 6, 24, 31 e 32 reuniram-se em um único grupo de menores valores médios de ATT no processamento natural, enquanto, os genótipos 4, 17 e 21 no processamento CD, estes genótipos apresentam maior potencialidade na obtenção de bebida superior, visto que, resultados expressados por Carvalho *et al.* (1994), em seu estudo, constataram a existência de uma correlação negativa da ATT presente nos grãos de café beneficiado com a qualidade do café, encontrando maiores valores de ATT em cafés de pior qualidade (Tabela 3).

No desdobramento dos anos avaliados dentro dos fatores processamento, verificou-se que grande parte dos genótipos apresentaram maiores valores médios de ATT no 1º ano em ambos processamentos, o que não é desejável para a busca da qualidade de bebida do café conforme relatado anteriormente (Tabela 3).

Avaliando o processamento natural, foram encontrados 25 genótipos com valores médios superiores no 1º ano, seis genótipos no 2º ano e nove não apresentaram diferenciação entre os anos, sendo esse mais interessantes por não apresentarem variação na característica dentro dos anos avaliados, padrão similar, foi observado no CD, em que, maior porção dos genótipos com elevados valores médios de ATT foram encontrados no 1º ano, total de 37 genótipos, dois

não se diferenciaram nos anos e apenas o genótipo 32 apresentou maior valor no 2º ano (Tabela 3).

Ficando evidenciado que os genótipos quando analisados no 2º ano, bem como, aqueles que não diferenciaram, apresentaram uma configuração que favoreceria a maior busca por qualidade, pela homogeneidade metabólica.

Sendo interessante ressaltar que, a avaliação da ATT está diretamente relacionada a atividade enzimática da polifenoloxidase, enzima está que, de acordo com vários autores (MALTA; NOGUEIRA; GUIMARÃES, 2003; MARTINEZ *et al.*, 2014) mostra-se diretamente relacionada com a qualidade da bebida, a ATT apresenta boa correlação com a atividade da polifenoloxidase.

Tabela 3 - Médias da acidez titulável total (ATT) dos 40 genótipos *C. arabica* nos desdobramentos anos/processamento e processamento/anos

Genótipos	1º Ano		2º Ano		Natural		Descascado	
	Natural	Descascado	Natural	Descascado	1º Ano	2º Ano	1º Ano	2º Ano
1	175 G b	204 G a	247 B a	199 C b	175 b	247 a	204 a	199 a
2	235 D a	243 E a	197 D a	212 B a	235 a	197 b	243 a	212 b
3	249 D a	257 E a	211 C a	215 B a	249 a	211 b	257 a	215 b
4	238 D b	321 B a	230 C a	221 A a	238 a	230 a	321 a	221 b
5	263 C b	301 C a	223 C a	228 A a	263 a	223 b	301 a	228 b
6	258 C b	277 D a	207 D a	192 D a	258 a	207 b	277 a	192 b
7	200 F b	239 F a	167 E a	160 E a	200 a	167 b	239 a	160 b
8	296 B b	341 A a	268 A a	212 B b	296 a	268 b	341 a	212 b
9	322 A a	325 B a	233 C a	232 A a	322 a	233 b	325 a	232 b
10	264 C b	356 A a	221 C a	202 C b	264 a	221 b	356 a	202 b
11	264 C b	333 B a	201 D b	224 A a	264 a	201 b	333 a	224 b
12	260 C b	298 C a	215 C a	211 B a	260 a	215 b	298 a	211 b
13	271 C a	273 D a	224 C a	208 B a	271 a	224 b	273 a	208 b
14	252 C a	217 G b	170 E a	164 E a	252 a	170 b	217 a	164 b
15	257 C a	254 E a	220 C a	214 B a	257 a	220 b	254 a	214 b
16	333 A a	313 B b	242 B a	230 A a	333 a	242 b	313 a	230 b
17	249 D b	324 B a	219 C a	172 E b	249 a	219 b	324 a	172 b
18	318 A a	330 B a	239 B a	196 C b	318 a	239 b	330 a	196 b
19	326 A a	324 B a	265 A a	194 C b	326 a	265 b	324 a	194 b
20	245 D b	348 A a	204 D a	185 D b	245 a	204 b	348 a	185 b
21	237 D a	230 F a	243 B a	201 C b	237 a	243 a	230 a	201 b
22	222 E a	222 F a	252 B a	205 C b	222 a	252 b	222 a	205 b
23	269 C a	264 D a	208 D a	197 C a	269 a	208 b	264 a	197 b

Continua...

Continuação...

Genótipos	1º Ano		2º Ano		Natural		Descascado	
	Natural	Descascado	Natural	Descascado	1º Ano	2º Ano	1º Ano	2º Ano
24	237 D b	287 C a	218 C a	184 D b	237 a	218 b	287 a	184 b
25	219 E b	260 E a	214 C a	217 B a	219 a	214 a	260 a	217 b
26	216 E a	200 G a	218 C a	151 F b	216 a	218 a	200 a	151 b
27	213 E a	171 H b	168 E a	156 E a	213 a	168 b	171 a	156 b
28	178 G b	213 G a	200 D a	155 E b	178 b	200 a	213 a	155 b
29	158 H b	181 H a	148 E a	158 E a	158 a	148 a	181 a	158 b
30	233 D a	226 F a	160 E a	145 F a	233 a	160 b	226 a	145 b
31	185 G b	202 G a	187 D a	150 F b	185 a	187 a	202 a	150 b
32	219 E a	164 H b	212 C a	179 D b	219 a	212 b	164 b	179 a
33	156 H b	192 G a	204 D a	172 E b	156 b	204 a	192 a	172 b
34	220 E b	294 C a	243 B a	188 D b	220 b	243 a	294 a	188 b
35	162 H a	178 H a	198 D a	143 F b	162 b	198 a	178 a	143 b
36	150 H b	206 G a	158 E a	130 F b	150 a	158 a	206 a	130 b
37	194 F a	203 G a	183 D a	139 F b	194 a	183 a	203 a	139 b
38	243 D a	212 G b	249 B a	190 D b	243 a	249 a	212 a	190 b
39	236 D a	207 G b	195 D a	141 F b	236 a	195 b	207 a	141 b
40	199 F a	198 G a	255 B a	184 D b	199 b	255 a	198 a	184 a
$\bar{X}$ Geral	236	255	213	186	236	213	255	186
SD	46	57	30	29	46	30	57	29

$\bar{X}$ Geral: Média geral do tratamento; SD: desvio padrão da média. Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna, não se diferem entre si pelo teste de Scott e Knott e letras minúscula na linha, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Resultados obtidos nos desdobramentos dos valores médios da variável LK (lixiviação de potássio) nos anos e processamentos, apontaram diferença em os genótipos e grupos de médias, confirmando a variabilidade genética entre os genótipos (Tabela 4).

No 1º ano foram encontrados quatro genótipos dentro do CD com baixos valores médios de LK, e 32 genótipos com menores valores no processamento natural e quatro genótipos que não apresentaram diferenciação entre os processamentos.

Ao analisarmos o 2º ano, houve diferenciação quanto ao 1º ano, onde 21 genótipos submetidos ao CD apresentaram menores valores de LK, três no processamento natural e 16 não diferenciaram entre processamento natural e CD.

A mudança de comportamento do número de genótipos nos processamentos nos diferentes anos, pode ser atribuído de certa maneira as diferentes condições climáticas como a pluviosidade verificada em 2014/2015 e 2015/16 (Figura 1), onde houve relevante déficit hídrico, como relatado anteriormente, em situações de certo déficit hídrico há tendência de acúmulo de carboidratos no grão, especialmente na mucilagem, o que favorece a fermentações, algumas desejáveis e outras não, e no processamento natural há a manutenção desta mucilagem, e quando são acrescidas de fermentações indesejáveis podem favorecer a degradação da membrana celular, levando em algumas situações o aumento da lixiviação de potássio, indo ao encontro à resultados apresentados por Oliveira *et al.*, (2013) e de Lima *et al.*, (2012).

Os genótipos de forma geral agruparam-se com um desenho variado em relação aos grupos dentro de cada desdobramento das interações, sendo evidenciada a formação de nove grupos de média no processamento natural, e nove grupos no CD nas combinações para o 1º ano.

Deve-se ressaltar os genótipos 35 e 40, aos quais, expressaram os menores valores de LK no 1º ano no processamento natural. Assim como, os genótipos 27, 30 e 33 no CD (Tabela 4).

Tabela 4 – Médias da lixiviação de potássio (LK) dos 40 genótipos *C. arabica* nos desdobramentos anos/processamento e processamento/anos

Genótipos	1º Ano		2º Ano		Natural		Descascado	
	Natural	Descascado	Natural	Descascado	1º Ano	2º Ano	1º Ano	2º Ano
1	58 H b	93 F a	96 C a	90 C a	58 b	96 a	93 a	90 a
2	73 G b	108 E a	83 E a	90 C a	73 b	83 a	108 a	90 b
3	129 B a	115 D b	90 D a	92 C a	129 a	90 b	115 a	92 b
4	70 G b	124 C a	104 B a	96 B b	70 b	104 a	124 a	96 b
5	120 C a	122 C a	98 C b	106 A a	120 a	98 b	122 a	106 b
6	77 F b	103 E a	87 D a	83 D a	77 b	87 a	103 a	83 b
7	60 H b	93 F a	72 F a	69 F a	60 b	72 a	93 a	69 b
8	83 E b	135 B a	116 A a	92 C b	83 b	116 a	135 a	92 b
9	140 A a	132 B b	104 B a	100 B a	140 a	104 b	132 a	100 b
10	75 F b	128 C a	94 C a	90 C a	75 b	94 a	128 a	90 b
11	72 G b	123 C a	78 E b	98 B a	72 a	78 a	123 a	98 b
12	70 G b	114 D a	88 D a	90 C a	70 b	88 a	114 a	90 b
13	72 G b	96 F a	95 C a	90 C a	72 b	95 a	96 a	90 a
14	65 H b	82 H a	67 G a	70 F a	65 a	67 a	82 a	70 b
15	64 H b	101 E a	89 D a	91 C a	64 b	89 a	101 a	91 b
16	84 E b	124 C a	104 B a	97 B a	84 b	104 a	124 a	97 b
17	69 G b	115 D a	90 D a	72 F b	69 b	90 a	115 a	72 b
18	142 A a	137 B a	104 B a	83 D b	142 a	104 b	137 a	83 b
19	145 A a	126 C b	117 A a	96 B b	145 a	117 b	126 a	96 b
20	76 F b	133 B a	93 C a	81 D b	76 b	93 a	133 a	81 b
21	67 G b	102 E a	111 A a	88 C b	67 b	111 a	102 a	88 b
22	103 D a	103 E a	113 A a	86 D b	103 b	113 a	103 a	86 b
23	118 C b	150 A a	94 C a	82 D b	118 a	94 b	150 a	82 b

Continua...

Continuação...

Genótipos	1º Ano		2º Ano		Natural		Descascado	
	Natural	Descascado	Natural	Descascado	1º Ano	2º Ano	1º Ano	2º Ano
24	79 F b	138 B a	87 D a	77 E b	79 b	87 a	138 a	77 b
25	69 G b	133 B a	89 D a	92 C a	69 b	89 a	133 a	92 b
26	68 G b	92 F a	91 D a	63 G b	68 b	91 a	92 a	63 b
27	69 G a	72 I a	63 G a	62 G a	69 a	63 b	72 a	62 b
28	63 H b	97 F a	81 E a	64 G b	63 b	81 a	97 a	64 b
29	59 H b	82 H a	56 G b	63 G a	59 a	56 a	82 a	63 b
30	81 E a	72 I b	62 G a	60 G a	81 a	62 b	72 a	60 b
31	67 G b	80 H a	72 F a	62 G b	67 a	72 a	80 a	62 b
32	67 G b	130 B a	90 D a	71 F b	67 b	90 a	130 a	71 b
33	58 H b	74 I a	76 F a	70 F a	58 b	76 a	74 a	70 a
34	66 G b	119 D a	97 C a	77 E b	66 b	97 a	119 a	77 b
35	51 I b	89 G a	76 F a	58 H b	51 b	76 a	89 a	58 b
36	48 I b	107 E a	61 G a	52 H b	48 b	61 a	107 a	52 b
37	68 G b	102 E a	70 F a	57 H b	68 a	70 a	102 a	57 b
38	73 G b	88 G a	94 C a	74 E b	73 b	94 a	88 a	74 b
39	71 G b	95 F a	75 F a	61 G b	71 a	75 a	95 a	61 b
40	55 I b	109 E a	101 B a	76 E b	55 b	101 a	109 a	76 b
$\bar{X}$ Geral	79	108	88	79	79	88	108	79
SD	25	21	16	14	25	16	21	14

$\bar{X}$ Geral: Média geral do tratamento; SD: desvio padrão da média. Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna, não se diferem entre si pelo teste de Scott e Knott e letras minúscula na linha, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

O 2º ano ressaltou a formação de sete grupos distintos de média para o processamento natural e oito para CD (Tabela 4). Os genótipos 14, 27, 29, 30 e 36 reuniram-se em um único grupo de menores valores médios de LK no processamento natural, enquanto, os genótipos 35, 36 e 37 no CD, estes genótipos apresentam menores danos a integridade da membrana, ou seja, sendo um bom indicativo para grãos com boa qualidade fisiológica (LIMA FILHO *et al.*, 2015).

Na investigação da interação dos anos dentro dos fatores processamento natural e CD, conferiu-se que grande parte dos genótipos apresentaram menores valores médios de LK no 1º ano, o que é desejável para a cultura do café quando se busca qualidade, justificando a importância desse parâmetro, uma vez que a lixiviação de potássio está correlacionada ao estado degradado do grão (BATISTA; CHALFOUN, 2014).

Avaliando o processamento natural, foram encontrados 26 genótipos com valores médios menores no 1º ano, oito genótipos no 2º ano e seis que não apresentaram diferenciação entre os anos, padrão similar, não foi observado no CD, em que, maior porção dos genótipos com menores valores médios de LK foram encontrados no 2º ano, total de 37 genótipos, três não se diferenciaram nos anos (Tabela 4).

No estudo do potencial hidrogeniônico (pH), os desdobramentos dos anos dentro dos fatores processamento natural e CD, verificou-se que grande parte dos genótipos apresentaram maiores valores de pH no 1º ano dentro do processamento CD, com 31 dos 40 genótipos, os demais nove não diferenciaram. O mesmo desempenho não foi registrado no 2º ano, a maior amostra dos genótipos com elevados valores de pH foi verificada em processamento natural, totalizando 13 genótipos, oito em CD e 19 não diferiram (Tabela 5).

Tabela 5 - Médias de potencial hidrogeniônico (pH) dos 40 genótipos *C. arabica* nos desdobramentos anos/processamento e processamento/anos

Genótipos	1º Ano		2º Ano		Natural		Descascado	
	Natural	Descascado	Natural	Descascado	1º Ano	2º Ano	1º Ano	2º Ano
1	5,69 B a	5,70 B a	5,91 B a	5,78 C b	5,69 b	5,91 a	5,70 b	5,78 a
2	5,61 C b	5,73 B a	5,80 C a	5,71 D b	5,61 b	5,80 a	5,73 a	5,71 a
3	5,59 D b	5,75 B a	5,90 B a	5,76 D b	5,59 b	5,90 a	5,75 a	5,76 a
4	5,69 B b	5,77 B a	5,87 B a	5,79 C b	5,69 b	5,87 a	5,77 a	5,79 a
5	5,70 B a	5,75 B a	5,78 C a	5,72 D a	5,70 b	5,78 a	5,75 a	5,72 a
6	5,66 C b	5,73 B a	5,79 C a	5,69 D b	5,66 b	5,79 a	5,73 a	5,69 a
7	5,66 C b	5,74 B a	5,90 B a	5,88 B a	5,66 b	5,90 a	5,74 b	5,88 a
8	5,67 B b	5,80 A a	5,85 C a	5,78 C b	5,67 b	5,85 a	5,80 a	5,78 a
9	5,68 B a	5,71 B a	5,89 B a	5,74 D b	5,68 b	5,89 a	5,71 a	5,74 a
10	5,65 C a	5,71 B a	5,88 B a	5,73 D b	5,65 b	5,88 a	5,71 a	5,73 a
11	5,65 C a	5,70 B a	5,80 C a	5,71 D b	5,65 b	5,80 a	5,70 a	5,71 a
12	5,67 B b	5,83 A a	5,89 B a	5,73 D b	5,67 b	5,89 a	5,83 a	5,73 b
13	5,67 B a	5,69 B a	5,85 C a	5,78 C a	5,67 b	5,85 a	5,69 b	5,78 a
14	5,72 B a	5,71 B a	5,99 A b	6,14 A a	5,72 b	5,99 a	5,71 b	6,14 a
15	5,59 D b	5,75 B a	5,82 C b	5,95 B a	5,59 b	5,82 a	5,75 b	5,95 a
16	5,63 C b	5,78 A a	5,82 C a	5,80 C a	5,63 b	5,82 a	5,78 a	5,80 a
17	5,64 C b	5,83 A a	5,79 C b	5,92 B a	5,64 b	5,79 a	5,83 b	5,92 a
18	5,68 B b	5,85 A a	5,81 C a	5,86 C a	5,68 b	5,81 a	5,85 a	5,86 a
19	5,69 B b	5,85 A a	5,88 B a	5,82 C a	5,69 b	5,88 a	5,85 a	5,82 a
20	5,61 C b	5,76 B a	5,81 C a	5,82 C a	5,61 b	5,81 a	5,76 a	5,82 a
21	5,66 C b	5,86 A a	5,80 C a	5,81 C a	5,66 b	5,80 a	5,86 a	5,81 a
22	5,79 A a	5,79 A a	5,82 C a	5,82 C a	5,79 b	5,82 a	5,79 a	5,82 a
23	5,62 C b	5,74 B a	5,99 A a	5,82 C b	5,62 b	5,99 a	5,74 b	5,82 a

Continua...

Continuação...

Genótipos	1º Ano		2º Ano		Natural		Descascado	
	Natural	Descascado	Natural	Descascado	1º Ano	2º Ano	1º Ano	2º Ano
24	5,60 D b	5,76 B a	5,90 B a	5,83 C a	5,60 b	5,90 a	5,76 a	5,83 a
25	5,58 D b	5,74 B a	5,88 B a	5,83 C a	5,58 b	5,88 a	5,74 b	5,83 a
26	5,49 E b	5,80 A a	5,66 D b	5,82 C a	5,49 b	5,66 a	5,80 a	5,82 a
27	5,54 E b	5,75 B a	5,70 D a	5,75 D a	5,54 b	5,70 a	5,75 a	5,75 a
28	5,53 E b	5,72 B a	5,74 D a	5,74 D a	5,53 b	5,74 a	5,72 a	5,74 a
29	5,47 E b	5,71 B a	5,67 D a	5,70 D a	5,47 b	5,67 a	5,71 a	5,70 a
30	5,59 D b	5,77 B a	5,68 D a	5,72 D a	5,59 b	5,68 a	5,77 a	5,72 a
31	5,53 E b	5,72 B a	5,72 D a	5,76 D a	5,53 b	5,72 a	5,72 a	5,76 a
32	5,53 E b	5,80 A a	5,76 D a	5,67 D b	5,53 b	5,76 a	5,80 a	5,67 b
33	5,53 E b	5,77 B a	5,67 D a	5,72 D a	5,53 b	5,67 a	5,77 a	5,72 a
34	5,51 E b	5,74 B a	5,49 F b	5,70 D a	5,51 a	5,49 a	5,74 a	5,70 a
35	5,56 D b	5,75 B a	5,69 D b	5,77 C a	5,56 b	5,69 a	5,75 a	5,77 a
36	5,55 D b	5,71 B a	5,86 B a	5,78 C b	5,55 b	5,86 a	5,71 a	5,78 a
37	5,68 B a	5,67 B a	5,65 D b	5,76 D a	5,68 a	5,65 a	5,67 b	5,76 a
38	5,62 C b	5,73 B a	5,58 E b	5,76 D a	5,62 a	5,58 a	5,73 b	5,76 a
39	5,62 C b	5,77 B a	5,73 D a	5,71 D a	5,62 b	5,73 a	5,77 a	5,71 b
40	5,63 C b	5,76 B a	5,70 D a	5,71 D a	5,63 a	5,70 a	5,76 a	5,71 b
$\bar{X}$ Geral	5,62	5,76	5,79	5,78	5,62	5,79	5,76	5,78
SD	0,07	0,05	0,11	0,09	0,07	0,11	0,05	0,09

$\bar{X}$ Geral: Média geral do tratamento; SD: desvio padrão da média. Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna, não se diferem entre si pelo teste de Scott e Knott e letras minúscula na linha, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Os valores encontrados nesse estudo (Tabela 6) estão de acordo com valores de pH obtidos por Lima Filho (2015) em frutos provenientes de processamento natural (5,25) e grãos oriundos de cereja descascado (5,31), Siqueira e Abreu (2006) que em seus trabalhos com grãos crus de café em três processamentos, natural, despulpado e descascado, também, observaram valores de pH entre 5,88 a 5,73, respectivamente, e Vieira, Gualberto, Guimarães (2005), que observaram valores médios de 6,39 a 6,62 em grãos crus de *C. arabica*.

Os genótipos de forma geral agruparam-se com uma configuração variada em relação aos grupos dentro de cada desdobramento das interações, sendo observada a formação de cinco grupos de média no processamento natural, e dois grupos no CD nas combinações com o 1º ano. Deve-se ressaltar o genótipo 22, ao qual, expressou o maior valor de pH no processamento natural, assim como os genótipos 8, 12, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 26 e 32 dentro do processamento CD (Tabela 5).

No 2º ano houve a formação de cinco grupos distintos de média para o processamento natural, com destaque ao de maior valor médio de pH, ao qual reuniu isoladamente o genótipo 22, assim como no primeiro ano. Foram verificados quatro grupos de médias para CD, o genótipo 14 formou o grupo de maior valor de pH (Tabela 5).

Na investigação da interação entre os anos dentro dos fatores processamento, conferiu-se no processamento natural grande parte dos genótipos com menores valores médios de pH no 1º ano, totalizando 36 genótipos (Tabela 5).

Avaliando o processamento CD, foram encontrados valores médios menores no 1º ano, quatro genótipos no 2º ano e 26 que não apresentaram diferenciação entre os anos, padrão similar, ao observado no processamento natural, em que, maior porção dos genótipos com menores valores médios de pH foram encontrados no 1º ano (Tabela 5), na literatura não há consenso quanto qual processamento proporciona maiores valores de pH (LIMA FILHO, 2015, SIQUEIRA, ABREU, 2006).

No intuito de melhor visualização do comportamento de cada genótipo diante as variações dos ambientes (processamentos), foram plotados 4 gráficos com os valores observados nas variáveis físico-químicas analisadas, assim como o valor médio geral de cada genótipo (Figura 2).

Os genótipos 3, 6, 4, 5, 17, 32, 16, 22, 11, 7, 8, 13, 14, 10, 2, 20, 31, 19, 24 e 15 obtiveram os menores valores de ATT a mediana de todos os genótipos analisados, destes, com exceção aos genótipos 3, 5, 17, 16 e 15 que apresentaram CV entre 8 e 13%, os demais apresentaram variação de menos que 5% entre os valores verificados nos diferentes processamentos (Figura 2).

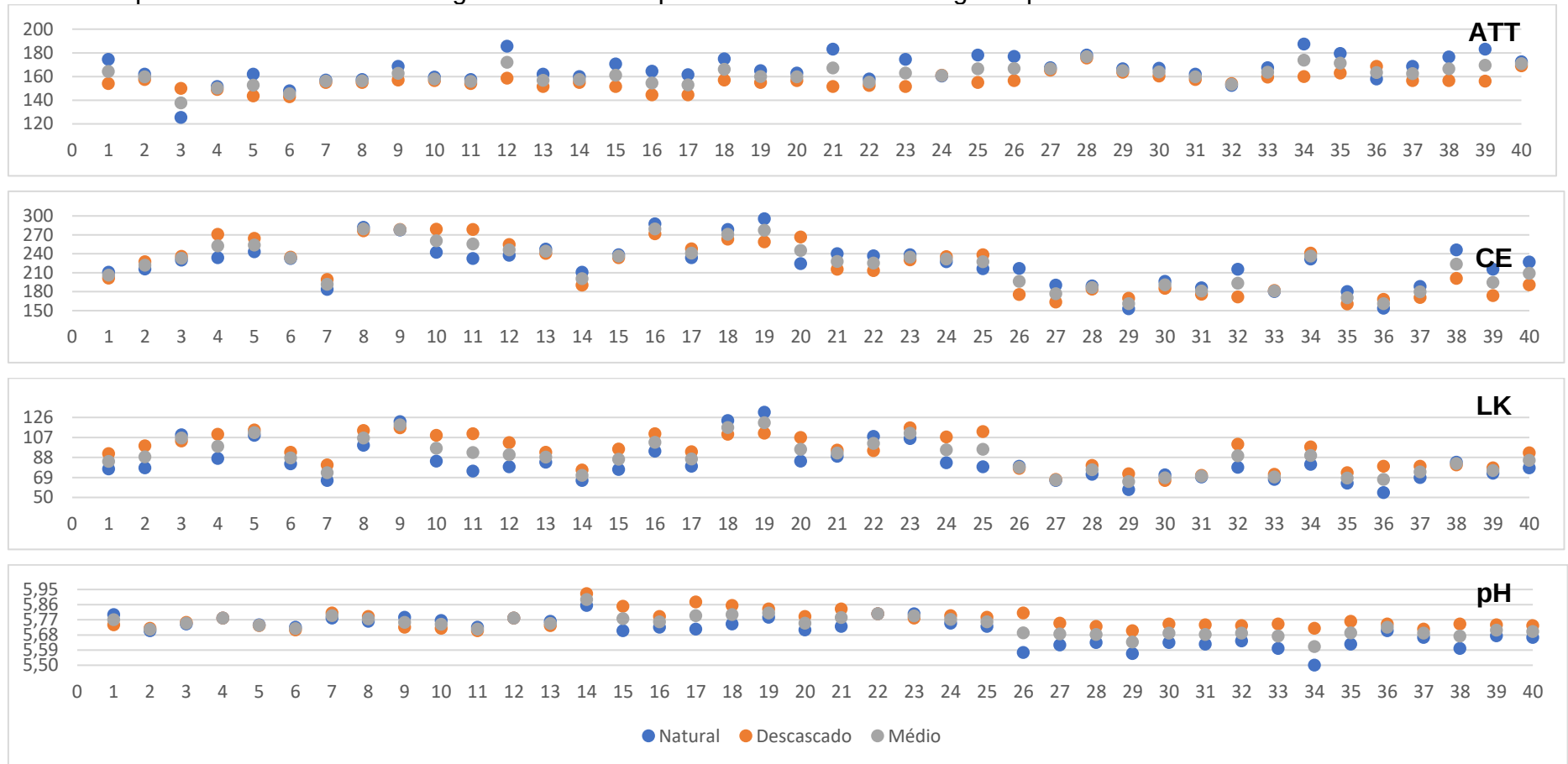
Os resultados para CE foram os genótipos 36, 29, 35, 27, 37, 31, 33, 28, 30, 7, 32, 39, 26, 14, 1, 40 e 2 expressaram os menores valores a mediana de todos os genótipos considerados, é importante salientar os genótipos 31, 33, 28 e 30 apresentam variação de menos que 5% entre os valores verificados nos diferentes processamentos, os demais oscilam entre 6 e 16% (Figura 2).

Em análise a LK, são os genótipos 29, 27, 36, 35, 30, 33, 31, 14, 7, 37, 39, 28, 26, 38, 1, 40, 15, 17, 6, 13 e 2 exibiram os menores valores a mediana, os genótipos 27, 33, 31, 39, 26, 38 foram os que menos se alteram em detrimento aos processamentos, com coeficiente de variação menor a 5%, os demais oscilam entre 6 e 26% (Figura 2).

Para o potencial hidrogeniônico (pH), os genótipos que conseguiram exibir valores maiores a mediana foram 14, 19, 22, 18, 7, 17, 23, 21, 4, 12, 15, 8, 24, 1, 16, 25, 9, 3, 20, 13, 10 e 5, todos eles sofreram pouca influência dos processamentos, o coeficiente de variação chegou a no máximo 2% (Figura 2).

De forma geral, quanto menos genótipos oscilam em função dos tratamentos aplicados, é um importante indicativo de possível estabilidade em estudos específicos de adaptabilidade e estabilidade.

Figura 2 – Resumo da caracterização físico-química com a média de anos do grão crus de 40 genótipos de *Coffea arabica* em duas formas de processamento e a média geral dos anos e processamento de cada genótipo



Fonte: O autor, Alegre - ES, 26 de fevereiro de 2019.

Em análise dos desdobramentos dos valores médios da variável trigonelina (TRIG) nos diferentes anos e processamentos, constatou-se diferentes comportamentos entre os genótipos e diferentes conformações de grupos de média (Tabela 6).

No 1º ano, constatou-se 15 genótipos com maior valor médio de TRIG no processamento natural, 22 genótipos não se diferiram entre os dois processamentos e os demais três genótipos apresentaram maiores valores de TRIG no CD. No 2º ano, padrão semelhante ao do 1º ano, foi encontrado, contudo, com diferentes configurações, onde 34 genótipos foram encontrados para a variável TRIG com maior valor médio processamento natural, três em CD e três não diferenciaram entre processamento natural e CD (Tabela 6).

Trigonelina é um alcaloide presente nos grãos de café verdes, seus derivados são reconhecidos por serem de grande importância na formação do aroma no café (LEE *et al.*, 2015).

Os genótipos de forma geral para a característica TRIG agruparam-se de formas distintas em vários grupos dentro de cada desdobramento das interações, sendo evidenciada a formação de cinco grupos distintos de média no processamento natural, e três grupos no CD nas combinações para o 1º ano (Tabela 6).

Deve-se ressaltar o resultado expressados pelos genótipos 2, 11, 24, 25, 26, 30, 32, 33, 34, 35, 37 e 38 aos quais obtiveram os maiores valores de TRIG no desdobramento processamento natural dentro do 1º ano. Assim como, os genótipos 5, 6, 8, 15, 18, 23, 24, 25, 26, 30, 31, 32, 33, 34, 36 e 37 no CD (Tabela 6).

No 2º ano, observou-se a formação de seis grupos distintos de média para o processamento natural e oito para CD. O genótipo, 34 formou um único grupo de maior valor médios de TRIG no processamento natural, enquanto, os genótipos 7, 36, 37 e 38 agruparam-se em um grupo com os maiores valores médios de TRIG no CD (tabela 6).

Os teores encontrados, onde, os maiores valores médios estão no processamento natural, devem-se a interação dos genótipos com as condições climáticas e formas de processamento, uma vez que o processamento natural depende diretamente das condições climáticas durante a secagem, sendo que nesse estudo as amostras foram rigorosamente monitoradas tecnicamente para a manutenção da qualidade final do grão.

Os teores variaram entre os anos e processamentos, sendo observados no 1º ano no processamento (0,52 a 1,29) e no CD (0,72 a 1,22), e no 2º ano no processamento (1,19 a 1,99) e no CD (0,21 a 1,61) para a variável TRIG.

Os teores encontrados, aproximam-se com os descritos por Kitzberger *et al.*, (2013) utilizando cultivares com a origem genética similar e por Farah *et al.*, (2006).

Desta forma, com base em informações da literatura, pressupõem-se que estes genótipos apresentam potencialidade para estudos quanto a estabilidade química (Tabela 6).

No estudo do desdobramento dos anos dentro dos fatores processamento, verificou-se que grande parte dos genótipos apresentaram maiores valores médios de TRIG no 2º ano em ambos processamentos processamento natural ou CD (Tabela 6).

Desta maneira, ficou demonstrado que os genótipos no 2º ano tendem a apresentar melhor qualidade no processamento natural, devido à relação direta entre TRIG e qualidade (Tabela 6).

Tabela 6 – Médias de trigonelina (TRIG) dos 40 genótipos *Coffea arabica* nos desdobramentos anos/processamento e processamento/anos

Genótipos	1° Ano		2° Ano		Natural		Descascado	
	Natural	Descascado	Natural	Descascado	1° Ano	2° Ano	1° Ano	2° Ano
1	0,52 E B	1,02 B a	1,61 C a	1,33 B b	0,52 B	1,61 a	1,02 b	1,33 a
2	1,15 A A	0,93 B b	1,50 D a	1,42 B a	1,15 B	1,50 a	0,93 b	1,42 a
3	1,11 B a	0,95 B b	1,69 C a	1,17 C b	1,11 B	1,69 a	0,95 b	1,17 a
4	0,87 D a	0,96 B a	1,70 C a	1,31 B b	0,87 B	1,70 a	0,96 b	1,31 a
5	0,84 D b	1,10 A a	1,66 C a	1,37 B b	0,84 B	1,66 a	1,10 b	1,37 a
6	0,60 E b	1,16 A a	1,19 F b	1,38 B a	0,60 B	1,19 a	1,16 b	1,38 a
7	1,09 B a	0,96 B b	1,59 C a	1,49 A a	1,09 B	1,59 a	0,96 b	1,49 a
8	1,08 B a	1,15 A a	1,88 B a	1,15 C b	1,08 B	1,88 a	1,15 a	1,15 b
9	1,12 B a	1,00 B a	1,70 C a	1,40 B b	1,12 B	1,70 a	1,00 b	1,40 a
10	1,01 C a	1,02 B a	1,60 C a	1,36 B b	1,01 B	1,60 a	1,02 b	1,36 a
11	1,16 A a	0,94 B b	1,53 D a	0,86 F b	1,16 B	1,53 a	0,94 a	0,86 a
12	0,98 C a	0,98 B a	1,65 C a	0,97 E b	0,98 B	1,65 a	0,98 a	0,97 a
13	1,07 B a	0,94 B b	1,58 C a	0,21 H b	1,07 B	1,58 a	0,94 a	0,21 b
14	0,97 C a	0,98 B a	1,70 C a	0,83 F b	0,97 B	1,70 a	0,98 a	0,83 b
15	1,09 B a	1,11 A a	1,85 B a	0,77 F b	1,09 B	1,85 a	1,11 a	0,77 b
16	1,05 C a	1,00 B a	1,68 C a	0,36 G b	1,05 B	1,68 a	1,00 a	0,36 b
17	1,01 C a	0,94 B a	1,54 D a	0,51 G b	1,01 B	1,54 a	0,94 a	0,51 b
18	1,05 C a	1,11 A a	1,67 C a	1,37 B b	1,05 B	1,67 a	1,11 b	1,37 a
19	0,96 C a	0,99 B a	1,73 C a	1,02 E b	0,96 B	1,73 a	0,99 a	1,02 b
20	1,04 C a	0,79 C b	1,49 D a	0,48 G b	1,04 B	1,49 a	0,79 a	0,48 b
21	0,97 C a	1,00 B a	1,66 C a	0,70 F b	0,97 B	1,66 a	1,00 a	0,70 b
22	1,04 C a	1,04 B a	1,65 C a	0,96 E b	1,04 B	1,65 a	1,04 a	0,96 a
23	1,11 B a	1,09 A a	1,38 E a	0,45 G b	1,11 B	1,38 a	1,09 a	0,45 b

Continua...

Continuação...

Genótipos	1º Ano		2º Ano		Natural		Descascado	
	Natural	Descascado	Natural	Descascado	1º Ano	2º Ano	1º Ano	2º Ano
24	1,14 A a	1,14 A a	1,61 C a	0,95 E b	1,14 B	1,61 a	1,14 a	0,95 b
25	1,20 A a	1,07 A b	1,65 C a	1,22 C b	1,20 B	1,65 a	1,07 b	1,22 a
26	1,29 A a	1,14 A b	1,82 B a	1,04 D b	1,29 B	1,82 a	1,14 a	1,04 b
27	1,10 B a	0,85 C b	1,52 D a	0,94 E b	1,10 B	1,52 a	0,85 a	0,94 a
28	1,03 C a	0,75 C b	1,57 C a	0,78 F b	1,03 B	1,57 a	0,75 a	0,78 a
29	1,12 B a	1,00 B b	1,56 C a	0,83 F b	1,12 B	1,56 a	1,00 a	0,83 b
30	1,18 A a	1,17 A a	1,52 D a	1,16 C b	1,18 B	1,52 a	1,17 a	1,16 b
31	1,11 B a	1,14 A a	1,67 C a	1,08 D b	1,11 B	1,67 a	1,14 a	1,08 b
32	1,21 A a	1,10 A a	1,44 E a	1,25 C b	1,21 B	1,44 a	1,10 b	1,25 a
33	1,26 A a	1,12 A b	1,76 B a	1,36 B b	1,26 B	1,76 a	1,12 b	1,36 a
34	1,23 A a	1,22 A a	1,99 A a	1,20 C b	1,23 B	1,99 a	1,22 a	1,20 a
35	1,23 A a	0,72 C b	1,51 D a	0,95 E b	1,23 B	1,51 a	0,72 b	0,95 a
36	1,12 B a	1,22 A a	1,39 E b	1,57 A a	1,12 B	1,39 a	1,22 b	1,57 a
37	1,25 A a	1,16 A a	1,31 F b	1,56 A a	1,25 A	1,31 a	1,16 b	1,56 a
38	1,14 A a	0,93 B b	1,86 B a	1,61 A b	1,14 B	1,86 a	0,93 b	1,61 a
39	1,08 B a	1,01 B a	1,21 F a	1,12 D a	1,08 B	1,21 a	1,01 a	1,12 a
40	0,91 D a	0,92 B b	1,38 E a	1,02 E b	0,91 B	1,38 a	0,92 a	1,02 a
$\bar{X}$ Geral	1,06	1,02	1,60	1,06	1,06	1,60	1,02	1,06
SD	0,16	0,12	0,17	0,35	0,16	0,17	0,12	0,35

$\bar{X}$ Geral: Média geral do tratamento; SD: desvio padrão da média. Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna, não se diferem entre si pelo teste de Scott e Knott e letra minúscula na linha, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Em análise dos desdobramentos dos valores médios da variável ácidos clorogênicos {ACCLO(5CQA)} nos diferentes anos e processamentos, diferentes desempenhos foram observados entre os genótipos e diferentes grupos de média (Tabela 7). Os ácidos clorogênicos são os principais compostos fenólicos não voláteis encontrados no café e representam de 6 a 12% de sua massa seca. Tais compostos em quantidades desejáveis são responsáveis pela adstringência, aroma e pigmentação da bebida (MARTINEZ *et al.*, 2014).

No 1º ano, constatou-se que 17 genótipos com menor valor médio de ACCLO apresentaram-se no processamento natural, 20 genótipos não se diferiram entres os dois processamentos e os demais três genótipos apresentaram menores valores de ACCLO no CD. Configuração semelhante ao do 1º ano, foi encontrado no 2º ano, contudo, com diferentes arranjos, porém, com uma diferenciação na distribuição dos genótipos, onde 16 genótipos foram encontrados com menor valor médio processamento natural, 20 não diferenciaram entre processamento natural e CD e os genótipos (4, 5, 8 e 9) CD (Tabela 7).

Os genótipos de forma geral para a característica ACCLO agruparam-se de distintamente em vários grupos dentro de cada desdobramento das interações, sendo evidenciada a formação de cinco grupos no processamento natural e quatro grupos no CD nas combinações para o 1º ano. Deve-se ressaltar os resultados expressados pelos genótipos 4, 5, 8, 9, 16, 17, 18, 22 e 23 aos quais obtiveram os menores valores de ACCLO no desdobramento processamento natural dentro do 1º ano. Assim como, os genótipos 3, 8, 9, 16, 18, 19, 22, 25 e 35 no CD (Tabela 7).

No 2º ano, observou-se a formação de sete grupos de média para o processamento natural e sete para CD. Os genótipos, 1, 3 e 6 agruparam-se com os menores valores médios de ACCLO no processamento natural, enquanto, os genótipos 1, 40 configuraram um grupo com os menores valores médios de ACCLO no CD (tabela 7).

Os teores variaram entre os anos e processamentos, sendo observados no 1º ano em processamento natural 2,81 a 5,09 e em CD 2,57 a 5,40, e no 2º ano em processamento natural 3,80 a 7,50 e em CD 3,46 a 7,48 para a variável ACCLO.

Valores menores de trigonelina foram apresentados por Kitzberger *et al.*, (2013) nos genótipos Catuaí e na Icatu, e o maior teor foi encontrado na cultivar Iapar 59. Bertrand *et al.*, (2003) e Mendonça *et al.*, (2007) também relataram que os cruzamentos com o 'Híbrido de Timor' resultaram em cultivares com altos teores de ácidos clorogênicos e compostos fenólicos totais. Cafés com genes resistentes à ferrugem ('Acauã', 'Canário', 'Catuaí-amarelo' e 'Icatu-amarelo') apresentam teores elevados de compostos fenólicos, atribuídos à participação de *C. canephora* nos cruzamentos. Corroborando com o presente trabalho, que possui genótipos oriundos de tais cruzamentos.

No estudo do desdobramento dos anos dentro dos fatores processamento, verificou-se que grande parte dos genótipos apresentaram menores valores médios de ACCLO no 1º ano em ambos processamentos processamento natural ou CD (Tabela 7).

Observou-se que no processamento natural, foram encontrados 36 genótipos com valores médios inferiores no 1º ano e quatro genótipos não diferenciaram entre os anos. O mesmo padrão foi observado no processamento CD, onde os genótipos com menores valores médios de ACCLO foi encontrado no 1º ano, total de 37 genótipos e três não se diferenciaram nos anos (Tabela 7).

O teor de cafeína encontrado no grão de café é controlado geneticamente, mas é influenciado pelas condições de cultivo e processamento (KITZBERGER *et al.*, 2013), assim, o presente estudo, analisou os desdobramentos dos valores médios da variável cafeína (CAF) nos diferentes anos e processamentos, averiguando diferenciação entre os fatores analisados.

Tabela 7 – Médias de ácido clorogênico (ACCLO) dos 40 genótipos *Coffea arabica* nos desdobramentos anos/processamento e processamento/anos

Genótipos	1° Ano		2° Ano		Natural		Descascado	
	Natural	Descascado	Natural	Descascado	1° Ano	2° Ano	1° Ano	2° Ano
1	4,01 C a	4,15 C b	3,80 G a	3,77 G a	4,01 A	3,80 a	4,15 a	3,77 a
2	4,18 B a	4,08 C b	4,58 F b	5,10 E a	4,18 A	4,58 a	4,08 b	5,10 a
3	3,91 C a	2,86 E b	4,17 G a	4,28 F a	3,91 A	4,17 a	2,86 b	4,28 a
4	3,06 E b	3,65 D a	5,10 E a	5,16 D a	3,06 B	5,10 a	3,65 b	5,16 a
5	3,06 E a	3,42 D a	5,11 E a	5,32 D a	3,06 B	5,11 a	3,42 b	5,32 a
6	3,41 D a	3,38 D a	4,01 G b	5,01 E a	3,41 B	4,01 a	3,38 b	5,01 a
7	3,76 D a	3,62 D a	5,11 E a	5,35 D a	3,76 B	5,11 a	3,62 b	5,35 a
8	2,82 E a	2,70 E a	5,71 D a	5,06 E b	2,82 B	5,71 a	2,70 b	5,06 a
9	2,81 E a	2,57 E a	4,79 F b	5,85 C a	2,81 B	4,79 a	2,57 b	5,85 a
10	3,92 C a	3,63 D a	5,24 E a	4,77 E b	3,92 B	5,24 a	3,63 b	4,77 a
11	3,91 C a	3,37 D b	4,90 F a	5,27 D a	3,91 B	4,90 a	3,37 b	5,27 a
12	3,63 D a	3,21 D a	5,17 E a	5,03 E a	3,63 B	5,17 a	3,21 b	5,03 a
13	3,41 D a	3,40 D a	4,69 F a	4,98 E a	3,41 B	4,69 a	3,40 b	4,98 a
14	3,82 D a	3,78 D a	5,12 E a	4,68 E a	3,82 B	5,12 a	3,78 b	4,68 a
15	4,22 B a	3,93 C a	5,73 D a	5,29 D a	4,22 B	5,73 a	3,93 b	5,29 a
16	2,97 E a	2,80 E a	4,86 F b	6,70 B a	2,97 B	4,86 a	2,80 b	6,70 a
17	3,15 E a	3,30 D a	4,84 F b	6,87 B a	3,15 B	4,84 a	3,30 b	6,87 a
18	2,89 E a	2,96 E a	5,64 D b	7,38 A a	2,89 B	5,64 a	2,96 b	7,38 a
19	3,63 D a	2,84 E b	5,99 C b	7,04 A a	3,63 B	5,99 a	2,84 b	7,04 a
20	3,46 D a	3,22 D a	5,48 D b	6,60 B a	3,46 B	5,48 a	3,22 b	6,60 a
21	3,74 D a	3,47 D a	6,38 C a	6,12 C a	3,74 B	6,38 a	3,47 b	6,12 a
22	3,00 E a	3,00 E a	6,75 B b	7,48 A a	3,00 B	6,75 a	3,00 b	7,48 a
23	3,30 E a	3,60 D a	4,79 F b	6,19 C a	3,30 B	4,79 a	3,60 b	6,19 a

Continua...

Continuação...

Genótipos	1º Ano		2º Ano		Natural		Descascado	
	Natural	Descascado	Natural	Descascado	1º Ano	2º Ano	1º Ano	2º Ano
24	3,79 D a	3,38 D a	5,66 D a	5,75 C a	3,79 B	5,66 a	3,38 b	5,75 a
25	3,85 C a	2,93 E b	6,19 C b	6,66 B a	3,85 B	6,19 a	2,93 b	6,66 a
26	4,41 B a	4,07 C a	5,19 E b	6,16 C a	4,41 B	5,19 a	4,07 b	6,16 a
27	5,06 A a	5,05 B a	7,24 A a	5,57 D b	5,06 B	7,24 a	5,05 b	5,57 a
28	4,50 B a	3,66 D b	7,28 A a	7,10 A a	4,50 B	7,28 a	3,66 b	7,10 a
29	5,09 A a	4,93 B b	7,50 A a	6,61 B b	5,09 B	7,50 a	4,93 b	6,61 a
30	4,40 B a	4,68 B b	7,46 A a	6,15 C b	4,40 B	7,46 a	4,68 b	6,15 a
31	4,23 B b	4,90 B a	5,96 C a	6,22 C a	4,23 B	5,96 a	4,90 b	6,22 a
32	4,17 B a	3,58 D b	6,14 C a	5,50 D b	4,17 B	6,14 a	3,58 b	5,50 a
33	4,18 B a	4,24 C a	6,29 C a	5,92 C a	4,18 B	6,29 a	4,24 b	5,92 a
34	4,92 A b	5,40 A a	7,10 A a	6,60 B b	4,92 B	7,10 a	5,40 b	6,60 a
35	5,01 A a	2,96 E b	5,52 D a	4,85 E b	5,01 B	5,52 a	2,96 b	4,85 a
36	4,35 B a	4,73 B a	6,00 C a	5,05 E b	4,35 B	6,00 a	4,73 a	5,05 a
37	4,44 B a	4,75 B a	6,30 C a	5,20 D b	4,44 B	6,30 a	4,75 b	5,20 a
38	4,27 B a	4,34 C a	7,25 A a	6,70 B b	4,27 B	7,25 a	4,34 b	6,70 a
39	4,49 B a	4,40 C a	6,13 C a	4,50 F b	4,49 B	6,13 a	4,40 a	4,50 a
40	4,24 B a	4,31 C a	4,62 F a	3,46 G b	4,24 A	4,62 a	4,31 a	3,46 b
$\bar{X}$ Geral	3,89	3,73	5,64	5,68	3,89	5,64	3,73	5,68
SD	0,63	0,73	0,97	0,97	0,63	0,97	0,73	0,97

$\bar{X}$ Geral: Média geral do tratamento; SD: desvio padrão da média. Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna, não se diferem entre si pelo teste de Scott e Knott e letras minúscula na linha, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

No 1º ano, constatou-se 20 genótipos com maior valor médio de CAF no processamento natural, 17 genótipos no CD e três não se diferiram entre os dois processamentos. No 2º ano, observou-se diferentes conformações, onde 16 genótipos foram encontrados para a variável CAF com maior valor médio CD, quatro em processamento natural e 20 genótipos não diferenciaram entre processamento natural e CD (Tabela 8).

Assim como, os ácidos clorogênicos a cafeína é de grande importância para a formação de sabores no café, assim como o efeito benéfico de seus extratos (JESZKA-SKOWRON *et al.*, 2016).

Dentro de cada desdobramento das interações anos e processamentos, e com base na literatura, onde maior conteúdo de cafeína foi observado para a amostra de melhor qualidade e conteúdos inferiores de cafeínas para a amostra de bebidas de pior qualidade (FARAH *et al.*, 2006; BARBOSA *et al.*, 2012), foram reunidos genótipos para a característica CAF em grupos dentro de cada desdobramento das interações, sendo evidenciada a formação de cinco grupos com maiores valores de média no processamento natural, e quatro grupos no CD no 1º ano. Deve-se ressaltar os resultados expressados com os maiores valores médios dos genótipos 1, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35 e 37 no desdobramento processamento natural dentro do 1º ano. Assim como, os genótipos 11, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39 e 40 no CD (Tabela 5).

No 2º ano, observou-se a formação de três grupos de média para o processamento natural e três para CD. Os genótipos, Obatã, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35 e 37 formaram um grupo de maiores valores médios de CAF no processamento natural, enquanto, os genótipos 11, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39 e Catuaí Vermelho IAC 44 agruparam-se em um grupo com os maiores valores médios de CAF no CD (tabela 8).

Os teores de cafeína dos genótipos variaram entre os anos e processamentos, sendo observados no 1º ano no processamento natural 0,71 a 1,46 e no CD 1,08 a 1,53, e

no 2º ano no processamento natural 0,78 a 1,25 e no CD 0,84 a 1,32 para a variável CAF. Corroborando, com os valores semelhantes de cafeína descritos na literatura em genótipos de *C. arabica* relatos por Scholz *et al.*, (2011), 1,23 a 1,26% e por Ky *et al.*, (2001) variando de 0,96 a 1,62%.

No estudo do desdobramento dos anos dentro dos fatores processamento, verificou-se que grande parte dos genótipos apresentaram menores valores médios de CAF no 1º ano em ambos processamentos processamento natural ou cd. avaliando processamento natural, foram encontrados 26 genótipos com valores médios superiores no 1º ano e 10 genótipos no 2º ano e quatro não diferenciaram entre os anos. O mesmo padrão foi observado no processamento CD, onde os genótipos com maiores valores médios de CAF foi encontrado no 1º ano, total de 25 genótipos, um genótipo no 2º ano e 14 não se diferenciaram nos anos (Tabela 8).

Possivelmente a expressão dos genes responsáveis pelo teor de cafeína apresentam polimorfismo gênico. Mizuno *et al.* (2003) obtiveram em seus estudos cDNA que codificam uma cafeína sintase em frutos de *C. arabica* e verificaram que este apresenta cerca 40% de identidade com genes que codificam outras metiltransferases em plantas, sugerindo a ocorrência de polimorfismo gênico. Assim, a formação do teor final de cafeína na semente pode sofrer alterações de acordo com os estímulos ambientais, grau de maturação, genótipos, o que corrobora em partes com observado neste trabalho, sendo constatado interações entre os genótipos com os ambientes analisados (combinação de anos e processamentos).

Tabela 8 – Médias de cafeína (CAF) dos 40 genótipos *Coffea arabica* nos desdobramentos anos/processamento e processamento/anos

Genótipos	1° Ano		2° Ano		Natural		Descascado	
	Natural	Descascado	Natural	Descascado	1° Ano	2° Ano	1° Ano	2° Ano
1	1,06 D b	1,30 B a	1,04 A a	0,95 C a	1,06 a	1,04 a	1,30 a	0,95 b
2	1,04 D b	1,25 C a	0,86 C a	0,84 C a	1,04 a	0,86 b	1,25 a	0,84 b
3	1,10 D a	1,13 D a	0,95 B a	0,91 C a	1,10 a	0,95 b	1,13 a	0,91 b
4	1,06 D a	1,14 D a	1,09 A a	0,96 C b	1,06 a	1,09 a	1,14 a	0,96 b
5	1,07 D b	1,24 C a	1,12 A a	0,98 C b	1,07 b	1,12 a	1,24 a	0,98 b
6	1,00 D b	1,15 D a	0,78 C b	0,92 C a	1,00 a	0,78 b	1,15 a	0,92 b
7	1,43 A a	1,20 C b	1,03 A a	0,95 C a	1,43 a	1,03 b	1,20 a	0,95 b
8	1,05 D a	1,15 D a	1,14 A a	1,08 B a	1,05 b	1,14 a	1,15 a	1,08 a
9	1,00 D b	1,13 D a	1,25 A a	1,02 B b	1,00 b	1,25 a	1,13 a	1,02 a
10	1,18 C b	1,33 B a	1,12 A a	0,97 C b	1,18 a	1,12 a	1,33 a	0,97 b
11	1,41 A a	1,28 C b	1,00 B b	1,20 A a	1,41 a	1,00 b	1,28 a	1,20 a
12	1,26 B a	1,23 C a	1,17 A a	1,06 B a	1,26 a	1,17 a	1,23 a	1,06 b
13	1,22 B a	1,24 C a	0,99 B a	1,04 B a	1,22 a	0,99 b	1,24 a	1,04 b
14	1,28 B a	1,27 C a	0,95 B a	0,96 C a	1,28 a	0,95 b	1,27 a	0,96 b
15	1,40 A a	1,37 B a	1,08 A a	1,09 A a	1,40 a	1,08 b	1,37 a	1,09 b
16	1,14 C a	1,11 D a	1,13 A a	1,15 A a	1,14 a	1,13 a	1,11 a	1,15 a
17	1,18 C a	1,26 C a	1,01 B b	1,18 A a	1,18 a	1,01 b	1,26 a	1,18 a
18	1,28 B a	1,31 B a	1,08 A b	1,21 A a	1,28 a	1,08 b	1,31 a	1,21 a
19	1,20 C a	1,24 C a	1,12 A a	1,12 A a	1,20 a	1,12 a	1,24 a	1,12 a
20	1,46 A a	1,20 C b	1,10 A a	1,19 A a	1,46 a	1,10 b	1,20 a	1,19 a
21	1,24 B b	1,37 B a	1,13 A a	1,04 B a	1,24 a	1,13 a	1,37 a	1,04 b
22	1,19 C a	1,19 C a	1,05 A a	1,17 A a	1,19 a	1,05 b	1,19 a	1,17 a
23	1,08 D b	1,38 B a	0,83 C b	1,15 A a	1,08 a	0,83 b	1,38 a	1,15 b

Continua...

Continuação...

Genótipos	1º Ano		2º Ano		Natural		Descascado	
	Natural	Descascado	Natural	Descascado	1º Ano	2º Ano	1º Ano	2º Ano
24	1,08 D b	1,21 C a	0,97 B a	1,09 A a	1,08 a	0,97 a	1,21 a	1,09 b
25	1,17 C a	1,18 C a	0,97 B b	1,14 A a	1,17 a	0,97 b	1,18 a	1,14 a
26	1,25 B a	1,35 B a	1,20 A a	1,17 A a	1,25 a	1,20 b	1,35 a	1,17 b
27	1,18 C b	1,37 B a	1,04 A b	1,26 A a	1,18 a	1,04 b	1,37 a	1,26 a
28	1,18 C a	1,08 D a	0,88 C b	1,22 A a	1,18 a	0,88 b	1,08 b	1,22 a
29	1,17 C b	1,35 B a	1,06 A b	1,20 A a	1,17 a	1,06 a	1,35 a	1,20 b
30	1,18 C b	1,43 A a	1,14 A b	1,32 A a	1,18 a	1,14 a	1,43 a	1,32 a
31	1,29 B b	1,43 A a	1,04 A a	1,15 A a	1,29 a	1,04 b	1,43 a	1,15 b
32	1,31 B a	1,33 B a	1,14 A a	1,16 A a	1,31 a	1,14 b	1,33 a	1,16 b
33	1,25 B a	1,33 B a	1,09 A b	1,25 A a	1,25 a	1,09 b	1,33 a	1,25 a
34	1,27 B b	1,49 A a	1,08 A b	1,25 A a	1,27 a	1,08 b	1,49 a	1,25 b
35	0,71 E b	1,07 D a	1,04 A a	1,12 A a	0,71 b	1,04 a	1,07 a	1,12 a
36	1,41 A a	1,45 A a	0,99 B b	1,16 A a	1,41 a	0,99 b	1,45 a	1,16 b
37	1,45 A a	1,53 A a	1,10 A a	1,21 A a	1,45 a	1,10 b	1,53 a	1,21 b
38	1,29 B b	1,45 A a	1,04 A b	1,18 A a	1,29 a	1,04 b	1,45 a	1,18 b
39	1,41 A a	1,51 A a	0,93 B b	1,18 A a	1,41 a	0,93 b	1,51 a	1,18 b
40	1,37 A b	1,50 A a	0,93 B b	1,25 A a	1,37 a	0,93 b	1,50 a	1,25 b
$\bar{X}$ Geral	1,21	1,29	1,04	1,11	1,21	1,04	1,29	1,11
SD	0,15	0,13	0,10	0,12	0,15	0,10	0,13	0,12

$\bar{X}$ Geral: Média geral do tratamento; SD: desvio padrão da média. Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna, não se diferem entre si pelo teste de Scott e Knott e letras minúscula na linha, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

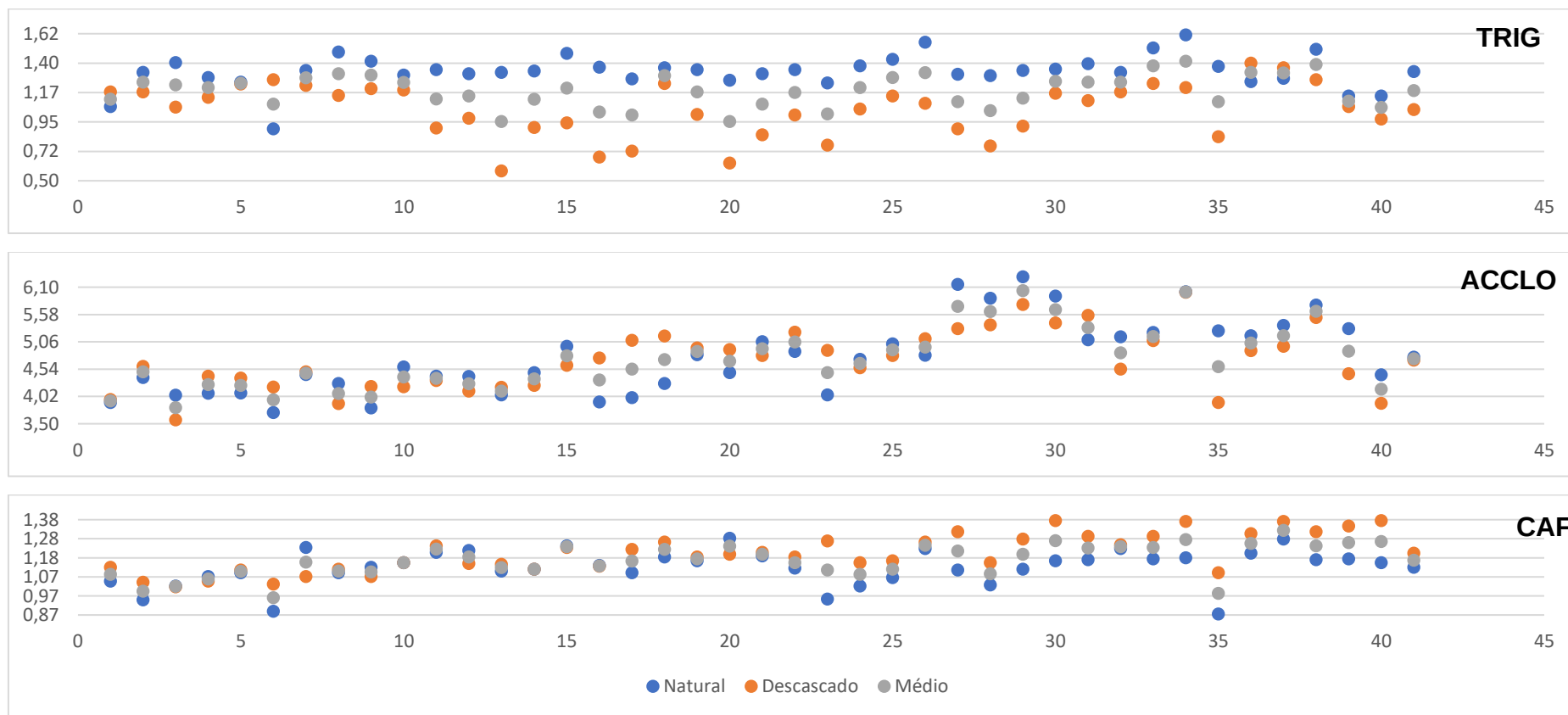
Assim, como realizado com as variáveis físico-química anteriormente citadas, foram gerados e plotados 3 gráficos com os valores observados das variáveis de cada genótipos diante as variações dos ambientes (processamentos), assim como o valor médio geral de cada genótipo (Figura 3).

Os genótipos 34, 38, 33, 36, 26, 37, 8, 9, 18, 25, 7, 30, 2, 31, 32, 10, 5, 3, 4, 24 e 15 alcançaram os maiores valores de TRIG a mediana de todos os genótipos analisados, destes, com exceção aos genótipos 37 e 5 que apresentaram CV menor a 5%, todos os demais apresentaram variação entre 6 e 37% os valores verificados nos diferentes processamentos (Figura 3).

Para ACCLO (5CQA) foram os genótipos 3, 1, 6, 9, 8, 13, 40, 5, 4, 12, 16, 14, 11, 10, 7, 23, 2, 17, 35, 24, 20 e 18 que conseguiram os menores valores a mediana de todos os genótipos estudados, sendo destes, os genótipos 1, 13, 40, 5, 4, 14, 11, 7, 2 e 24 foram os que menos alteraram seu valores em detrimento ao tratamentos submetidos, menos 5%, os demais oscilaram entre 6 e 21% (Figura 3).

Em análise a CAF, são os genótipos 37, 34, 30, 40, 39, 36, 26, 38, 20, 32, 15, 33, 31, 11, 18, 27, 21, 29, 12 e 19 que exibiram os maiores valores a mediana, os genótipos 37, 26, 20, 32, 15, 11, 18, 21 e 12 exibiram baixa variação entre os processamentos, menor a 5%, os demais oscilam entre 6 e 13% (Figura 3).

Figura 3 – Resumo da caracterização cromatográfica com a média de anos de colheita de grão crus de 40 genótipos de *Coffea arabica* em duas formas de processamento



Fonte: O autor, Alegre - ES, 26 de fevereiro de 2019;

CONCLUSÃO

Há variabilidade genética entre os 40 genótipos de *Coffea arabica* analisados por meio dos caracteres físico-químicos.

Os genótipos 3, 6, 4, 17, 5, 32, 16, 22, 7 e 11 em média alcançaram os menores valores para característica ATT, assim como, os genótipos 36,29, 35, 27, 37, 31, 33, 28, 30 e 7 para característica CE, como também observado nos genótipos 3, 1, 6, 9, 8, 13, 40, 5, 4 e 12 da característica ACCLO, apresentaram maior qualidade fisiológica do grão.

Assim como, os genótipos 14, 19, 22, 18, 7, 17, 23, 21, 4 e 12 que alcançaram os maiores valores médios da característica pH, para a característica TRIG os genótipos 34, 38, 33, 36, 26, 37, 8, 9, 18 e 25, bem como, os genótipos 37, 34, 30, 40, 39, 36, 26, 38, 20 e 15 para CAF, apresentam melhor qualidade fisiológica, com base nas características avaliadas.

Os resultados encontrados sugerem a continuidade das avaliações dos grãos crus dos 40 genótipos submetidos aos diferentes processamentos, para maior elucidação dos genótipos mais indicados para correlacionar com futuras análises de qualidade de bebida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHÃO, S. A. *et al.* Compostos bioativos em café integral e descafeinado e qualidade sensorial da bebida. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 43, n. 12, p. 1799-1804, 2008.

BATISTA, L. R.; CHALFOUN, S. M. Quality of coffee beans. In: SCHWAN, R. E. FLEET, G. H. **Cocoa and coffee fermentations**. London: CRC Press, 2014.

BAUMANN, T. W. *et al.* Non-destructive analysis of natural variability in bean caffeine content of Laurina coffee. **Phytochemistry**, v. 49, n. 6, p. 1569-1573, 1998.

BERTRAND, B. *et al.* Impact of the *Coffea canephora* gene introgression on beverage quality of *C. arabica*. **Theoretical and Applied Genetics**, v.107, n.3 p.387-394, 2003.

BHERING, L. L. Rbio: A tool for biometric and statistical analysis using the R platform. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 17, n. 2, p. 187-190, 2017.

CARVALHO, V. D. *et al.* Relação entre a composição físico-química e química do grão beneficiado e a qualidade de bebida do café 1-Atividades de polifenoloxidase e peroxidase, índice de coloração de acidez. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 3, p. 449-454, 1994

CLEMENTE, A. da *et al.* Operações pós-colheita e qualidade físico-química e sensorial de cafés. *Coffee Science*, Lavras, v. 10, n. 2, p. 233 - 241, abr./jun. 2015.

CRUZ, C. D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013

DALCOMO, J.M. *et al.* Growth comparison of 22 genotypes of conilon coffee after regular pruning cycle. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 1, p. 63-70, 2017.

DOS SANTOS SCHOLZ, Maria Brígida *et al.* From the field to coffee cup: impact of planting design on chlorogenic acid isomers and other compounds in coffee beans and sensory attributes of coffee beverage. **European Food Research and Technology**, p. 1-10, 2018.

FARAH, A.; DONANGELO, C. M. Phenolic compounds in coffee. **Brazilian J. Plant Phys.** 2006

FRANCA, A. S. *et al.* Physical and chemical attributes of defective crude and roasted coffee beans. **Food Chemistry**, v. 90, n. 1-2, p. 89-94, 2005.

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

FERRÃO, M. A. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper). Vitória, ES. (**Comunicação Pessoal, dados não publicados**). 2018.

FERRÃO, M.A.G. *et al.* Técnicas de produção de café arábica: renovação e revigoramento das lavouras no estado do Espírito Santo (1ª edição). DCM - INCAPER, Vitória - ES. CIRCULAR TÉCNICA, 05, 2008. 56 p (INCAPER. CIRCULAR TÉCNICA 05-1).

FEITOZA, L.R. *et al.* Mapa das Unidades Naturais do Espírito Santo. EMCAPA, Vitória. Mapa na escala 1:400.000. Colorido. 1999.

GOULART, J.P.F.P. *et al.* Aspectos histoquímicos e morfológicos de grãos de café de diferentes qualidades. **Ciência Rural**, v. 37, n. 3, 2007.

IAL- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4 eds. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1020p., 2008. (versão Eletrônica).

JESZKA-SKOWRON, M. *et al.* Chlorogenic acids, caffeine content and antioxidant properties of green coffee extracts: influence of green coffee bean preparation. **European Food Research and Technology**, v. 242, n. 8, p. 1403-1409, 2016.

JÖET, T. *et al.* Influence of environmental factors, wet processing and their interactions on the biochemical composition of green coffee beans. **Food Chemistry**, v. 118, n. 3, p. 693-701, 2010.

KITZBERGER, C.S.G. *et al.* Composição química de cafés arábica de cultivares tradicionais e modernas. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.48, n.11, p.1498-1506, 2013.

KY, C.-L. *et al.* Caffeine, trigonelline, chlorogenic acids and sucrose diversity in wild *Coffea arabica* L. and *C. canephora* P. accessions. **Food chemistry**, v. 75, n. 2, p. 223-230, 2001.

LEE, L.W. *et al.* Coffee fermentation and flavor—An intricate and delicate relationship. **Food chemistry**, v. 185, p. 182-191, 2015.

LIMA, L. M.; POZZA, E. A.; DA SILVA SANTOS, F. Relationship between incidence of brown eye spot of coffee cherries and the chemical composition of coffee beans. **Journal of Phytopathology**, v. 160, n. 4, p. 209-211, 2012.

LIMA FILHO, T. *et al.* Características físico-químicas de bebidas de café tipo expresso preparadas a partir de blends de café arábica e conilon. **Revista Ceres**, v. 62, n. 4, 2015.

MALTA, M. R. NOGUEIRA, F. DIAS., GUIMARÃES, P. T. G. Composição química, produção e qualidade do café fertilizado com diferentes fontes e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 6, p. 1246-1252, 2003.

MALTA, Marcelo Ribeiro *et al.* Alterações na qualidade do café submetido a diferentes formas de processamento e secagem. **Revista Engenharia na Agricultura-REVENG**, v. 21, n. 5, p. 431-440, 2013.

MARTINEZ, H.E.P. *et al.* Coffee mineral nutrition and beverage quality. **Revista Ceres**, v. 61, p. 838-848, 2014.

MARTINS, MADLLES Q. *et al.* Selection and validation of reference genes for accurate RT-qPCR data normalization in *Coffea* spp. under a climate changes context of interacting elevated [CO₂] and temperature. **Frontiers in plant science**, v. 8, p. 307, 2017.

MENDONÇA, L. M. V. L. *et al.* Composição química de grãos crus de cultivares de *Coffea arabica* L. suscetíveis e resistentes à *Hemileia vastatrix* Berg et Br. **Ciência e Agrotecnologia, Lavras**, v. 31, n. 2, p. 413-419, 2007.

MIZUNO, K. *et al.* Isolation of a new dual-functional caffeine synthase gene encoding an enzyme for the conversion of 7-methylxanthine to caffeine from coffee (*Coffea arabica* L). **FEBS Let**, v534, p.75-81,2003.

OLIVEIRA, Pedro Damasceno *et al.* Aspectos fisiológicos de grãos de café, processados e secados de diferentes métodos, associados à qualidade sensorial. **Coffee Science**, v. 8, n. 2, p. 211-220, 2013.

PRETE, C. E. C.; ABRAHÃO, J. T. M. Condutividade elétrica dos exsudatos de grãos de café (*Coffea arabica* L.) I Desenvolvimento da Metodologia. **SEMINA**, Londrina-PR, v. 16, n.1, p. 17-21, 1995.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2018.

RODRIGUES, W. N. *et al.* Biometry and diversity of Arabica coffee genotypes cultivated in a high density plant system. **Genetic and Molecular Research**, v. 15, p. 1-12, 2016.

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

SELMAR D, BYTOF G, KNOPP S. The storage of green coffee (*Coffea arabica*): decrease of viability and changes of potential aroma precursors. **Annals Botany**, v. 101, p. 31–38, 2008.

SIQUEIRA, H.H de; ABREU, C.M.P. de. Composição físico-química e qualidade do café submetido a dois tipos de torração e com diferentes formas de processamento. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 1, p. 112-117, 2006.

SIVETZ, M.; DESROSIER, N.W. Physical and chemical aspects of coffee. **Coffee Technology**. Westport, p. 527-575, 1979.

SCHOLZ, M. B. S.; FIGUEIREDO, V. R. G.; SILVA, J. V. N.; KITZBERGER, C. S. G. Característica físico-químicas de grãos verdes e torrados de cultivares de

café (*Coffea arabica* L.) do Iapar. **Coffee Science**, Lavras, v. 6, n. 3, p. 245 – 255, 2011.

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

VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI FC; VIEIRA RD; FRANÇA NETO JB (eds). Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES. cap.4. p.1-26.1999.

VIEIRA, L.M.L.M.; GUALBERTO, R.F.A.A.P.; GUIMARÃES, A. N.M. Parâmetros bromatológicos de grãos crus e torrados de cultivares de café (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 2, 2005.

VITORINO, M.D. *et al.* Metodologias de obtenção de extrato de café visando a dosagem de compostos não voláteis. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v.26, p.17-24, 2001.

CAPÍTULO / ARTIGO 2

ESTIMATIVA DE PARÂMETROS GENÉTICOS E GANHO DE SELEÇÃO POR MEIO DE CARACTERES FÍSICO-QUÍMICOS DE 40 GENÓTIPOS DE *COFFEA ARABICA*

RESUMO

Identificar e selecionar genótipos que atendam características quantitativas e qualitativas de mercados consumidores de *Coffea arabica* pode proporcionar ao produtor maior lucratividade ao melhoramento. Neste intuito, melhoristas devem-se frisar genótipos que tenham características de maior cunho genético, deste modo, sendo menos susceptíveis a alterações em detrimento a estímulos ambientais. Portanto, foi estimado parâmetros genéticos assim como proposto a seleção simultânea de genótipos por meio de características físico-químicas de grãos crus de 40 genótipos de *C. arabica* em geração F6/F7 pertencentes ao programa de melhoramento genético de café do Instituto Capixaba de Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), genótipos estes oriundos de cruzamentos envolvendo genitores comerciais ("Catuaí", "Caturra") com diferentes fontes de ("Híbrido de Timor", "Vila Sarchi", "Icatú"), sendo que, os parentais envolvidos no cruzamento apresentam diferentes fontes de resistência a ferrugem do cafeeiro. As amostras analisadas são oriundas de dois anos agrícolas e submetidos a duas formas de processamentos. As análises físico-químicas foram realizadas na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). As determinações foram realizadas em três repetições e todos os resultados foram expressos em base seca. Na averiguação, encontrou-se elevada herdabilidade das características condutividade elétrica e lixiviação de potássio. Foram identificados 17 genótipos com ganhos de seleção com base no rank médio.

Palavras-chave: cafeicultura, físico-química, compostos bioativos, variabilidade, herdabilidade, rank.

ESTIMATION OF GENETIC PARAMETERS AND SELECTION GAIN BY PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERS OF 40 GENOTYPES OF COFFEA ARABICA

ABSTRACT

Identifying and selecting genotypes that meet quantitative and qualitative characteristics of *Coffea arabica* consumer markets can provide the producer with greater profitability for breeding. In this sense, breeders should emphasize genotypes that have more genetic characteristics, thus being less susceptible to changes in detriment to environmental stimuli. Therefore, genetic parameters were estimated as well as the simultaneous selection of genotypes by physical-chemical characteristics of raw grains of 40 *C. arabica* genotypes in the F6 / F7 generation belonging to the genetic improvement program of the Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural (INCAPER), genotypes derived from crosses involving commercial parents ("Catuaí", "Caturra") with different sources of ("Hybrid of Timor", "Vila Sarchi", "Icatú"), involved in the crossing present different sources of resistance to coffee rust. The analyzed samples come from two agricultural years and submitted to two forms of processing. The bromatological and chromatographic analyzes were performed at the Federal University of Espírito Santo (UFES). The determinations were performed in three replicates and all results were expressed on dry basis. In the investigation, high heritability of the characteristics electrical conductivity and potassium leaching were found. Seventeen genotypes with selection gains were identified based on mean rank.

Key words: coffee cultivation, physico-chemical, bioactive compounds, variability, heritability, rank.

INTRODUÇÃO

O café é uma bebida de grande popularidade, consumida mundialmente, com aroma e sabor característicos. A espécie *Coffea arabica* é a mais importante, economicamente, do gênero *Coffea*.

O melhoramento genético possibilitou no decorrer do tempo, a obtenção de ganhos econômicos, sociais e ambientais no café, permitindo assim, o desenvolvimento de diversas cultivares mais produtivas e adaptadas. Contudo, a busca por genótipos que atendam a demanda por produção tem ganhado novas vertentes de pesquisa, onde a busca não se limita a produção do grão, mas que o grão produzido, seja revertido em qualidade final da bebida.

O conhecimento acerca da composição físico-química dos grãos pode permitir melhor aproveitamento da base genética existente no país sendo uma ferramenta útil para manter a qualidade e a competitividade final do grão (KITZBERGER *et al* 2013).

Por possuir base genética estreita a obtenção de cultivares em *C. arabica*, torna-se uma tarefa desafiadora (LASHERMES *et al.* 1999; CUBRY *et al.* 2007; LASHERMES *et al.* 2011; SETOTAW *et al.* 2013; SOUSA *et al.* 2017). A espécie apresenta suas cultivares bastante aparentadas e originárias em sua maioria das tradicionais cultivares Típica e Bourbon (AGUIAR *et al.* ,2004).

As estimativas de parâmetros genéticos permitem conhecer a estrutura genética da população, a inferência da variabilidade genética presente na população e proporcionam subsídios para prever os ganhos genéticos e o possível sucesso no programa de melhoramento, deste modo, é vital a confiabilidade dos resultados, e rigorosa precisão nos métodos de seleção (CARIAS *et al.*, 2014).

Estudos biométricos de diferentes atributos quantitativos, que são governados por vários genes e são muito influenciados pelo ambiente (BARILI, *et al.*, 2015), são necessários para permitir a identificação de cultivares e também para selecionar materiais genéticos para uso em um programa de melhoramento para determinadas regiões (SILVA *et al.*, 2017).

Dessa maneira, a seleção simultânea de um conjunto de caracteres de interesse aumenta a oportunidade de êxito de um programa de melhoramento, sendo o índice de seleção uma ferramenta da combinação linear de vários caracteres, que permite executar com eficácia a seleção simultânea (CRUZ; REGAZZI, CARNEIRO, 2004).

O objetivo deste trabalho foi estimar os parâmetros genéticos e realizar a seleção por meio de índice de Mulamba e Mouck visando maior ganho genético, as análises foram realizadas por meio dos valores genotípicos preditos dos caracteres físico-químicos dos 40 genótipos de *C. arabica* estudados em diferentes anos e processamentos.

MATERIAL E MÉTODOS

PREPARO DAS AMOSTRAS EM GRÃOS VERDES E CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

Foram estudados 40 genótipos elites de café arábica do programa de melhoramento genético do Incaper em avaliação na Fazenda Experimental de Venda Nova (FEVN). Os tratamentos 01 (Obatã, pertencente à população de Sarchimor, sendo resultado do cruzamento artificial entre o cultivar Vila Sarchi CIFC 971/10 e o Híbrido de Timor CIFC 832/2) e 40 (Catuaí Vermelho IAC 44, hibridização artificial de Caturra Amarelo IAC 476-11 com Mundo Novo IAC 374-19) são testemunhas locais e os de números 02 a 39 são progênies F6/F7 oriundos de cruzamentos envolvendo genitores comerciais ('Catuaí', 'Caturra') com diferentes fontes de resistência a ferrugem, como 'Híbrido de Timor', 'Vila Sarchi' e 'Icatú'.

O Experimento com os 40 materiais genéticos foi implantado na Fazenda Experimental de Venda Nova, a 720 m de altitude, em 22 de março de 2011, no delineamento de blocos casualizados com três repetições, 16 plantas por parcela e no espaçamento de 2,2 x 0,8 m, que equivale a densidade de 5681/ha plantas.

A Fazenda de Venda Nova, localiza-se no município de Venda Nova do Imigrante, região Serrana do Espírito Santo, em LAT: 20,385° S LON: 41,189° W ALT: 722 m. Caracteriza-se com solo acidentado, clima chuvoso e temperaturas baixas, segundo o Mapa de Unidades Naturais (FEITOSA *et al.*, 1999).

As adubações de plantio, de formação e de coberturas foram realizadas com base nos resultados da análise de solo e recomendação técnica (FERRÃO *et al.*, 2008). Realizou-se os tratos culturais na linha com base nas necessidades da cultura e nas entre linhas com alternância de roçadas e controle químico. O experimento foi conduzido sem irrigação e sem controle de doenças. No período de formação, foi realizado controle químico de bicho mineiro.

As amostras de café deste estudo são oriundas da segunda e terceira colheita do experimento que correspondem as safras 2014/2015 e 2015/2016, respectivamente. Todas as amostras de grãos crus de café foram colhidas, preparadas e processadas na FEVN.

Os frutos de café maduros, colhidos seletivamente, foram processados por via seca e via úmida. No processamento via seca, que resulta nos cafés naturais, quatro litros dos frutos foram lavados e selecionados manualmente, para garantir a uniformidade da amostra em relação ao estágio de maturação, foram separados os grãos verdes dos cerejas.

Concomitantemente, realizou a colheita de oito litros de café e realizou o processamento do café via úmida, os frutos foram lavados e descascados mecanicamente, durante esse processo o fruto cereja perde facilmente a casa sendo denominado Cereja Descascado (CD).

As amostras dos 40 genótipos dos dois tipos de processamento foram secas em terreiro suspenso e coberto e, rigorosamente monitoradas tecnicamente para não ocorrer misturas. Quando atingiram 11,5%, foram armazenadas adequadamente no laboratório de pós-colheita da FEVN até o beneficiamento.

Após beneficiamento, 400 gramas das amostras de cafés dos 40 genótipos processados via seca e CD (total de 80 amostras) foram enviadas para o Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da UFES, para a realização das análises físico-químicas, as quais foram realizadas nos laboratórios de Química, Biotecnologia e de Melhoramento de Plantas.

As determinações foram realizadas em três repetições e todos os resultados foram expressos em base seca.

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO GRÃO VERDE BENEFICIADO

Para as análises de potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável total (ATT), as amostras de grãos crus (beneficiados), foram moídas em moinho elétrico de facas do tipo Willye TE-650, da marca Tecnal, em granulometria fina (20 mesh), embalados separadamente em embalagens de polietileno, selados e armazenadas até o momento da realização das análises.

As análises de pH e ATT foram realizadas de acordo com a metodologia proposta pelo IAL (2008) sendo as leituras realizadas em potenciômetro, à temperatura ambiente.

Para a análise de condutividade elétrica (CE) nos grãos crus, foi utilizada a metodologia proposta por Vieira e Krzyzanowski (1999), após a leitura da CE uma alíquota foi retirada para leitura da lixiviação de potássio, metodologia esta proposta por (PRETE, 1995). Os resultados serão expressos em $\mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ de amostra.

As análises simultâneas de cafeína, trigonelina e ácido clorogênico, foram realizadas de acordo com os procedimentos de extração com água quente, estabelecidos por Vitorino *et al.* (2001). A determinação foi realizada por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), utilizando padrões externos da marca Sigma-Aldrich para identificação dos picos e curva padrão (ABRAHÃO *et al.*, 2008)

ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos ao acaso, com três repetições, em esquema fatorial, sendo os fatores genótipos e ambientes (anos e processamento), sendo os genótipos adotados como efeitos fixos e blocos e ambientes como efeitos aleatórios.

Com os dados obtidos, foram submetidos à análise de variância conjunta, a análise estatística foi baseada em modelos mistos do tipo REML/BLUP, conforme Resende (2000; 2002). Também foram estimados a estatística geral e os parâmetros genéticos como: média geral ($\bar{X}_{\text{Geral}}$), coeficiente de variação experimental (CV_E), mínimo, máximo, , variância genotípica (S^2_G), variância da interação genótipo x ambiente ($S^2_{G \times A}$), variância residual (S^2_R), Coeficiente de determinação genotípico % (H^2), coeficiente de variação genético (CV_G), relação do coeficiente de variação genético com coeficiente de variação experimental (CV_G/CV_E) e acurácia seletiva (AS) das variáveis respostas acidez titulável total (ATT), condutividade elétrica (CE), lixiviação de potássio (LK), potencial hidrogeniônico (pH), trigonelina (TRIG), ácido clorogênico (ACCLO) e cafeína (CAF).

Todas as características significativas pela análise de variância foram consideradas no cálculo do índice de seleção, sendo utilizado a metodologia do índice de rank (Mulamba e Mock 1978), com adaptações. Com base nesse índice, as progênies são classificadas de acordo com a média dos ranks (RESENDE, 2007) obtidos de cada característica avaliada, sendo ranqueadas de acordo com interesse verificados na literatura, ranqueando de forma decrescente os genótipos para as características acidez titulável total (ATT), condutividade elétrica (CE), lixiviação de potássio (LK), ácido clorogênico 5-CQA (ACCLO); e de forma decrescente para o potencial hidrogeniônico (pH), trigonelina (TRIG) e cafeína (CAF), formando o rank médio de cada genótipo pela média geral das características analisadas. O ganho de seleção (GS) também foi estimado com base no resultado desse índice, sendo calculado da seguinte maneira: $GS = [(Mo - Ms) / Mo] \times 100$, em que GS: ganho obtido com

a seleção em %; Ms: valor do rank atribuído ao genótipo selecionado; Mo: média dos ranks de todos os genótipos.

Para a determinação das análises, foram utilizados programas computacionais Genes (CRUZ, 2013), R Core Team (R CORE TEAM, 2018) e Rbio (BHERING, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise conjunta da estatística geral e dos parâmetros genéticos para as variáveis físico-químicas apresentaram a estimação dos parâmetros como um instrumento eficaz em processos de seleção, pois é possível observar a estrutura genética da população analisada, sem gerar custos adicionais para os programas de melhoramento (RAMALHO *et al.*, 2004; VENCOVSKY, 1987), verificou-se que houve baixa variação experimental (CV_E) para todas variáveis analisadas de acordo com Pimentel-Gomes (1985) para culturas perenes, como o café arabica, sendo o menor valor encontrado para pH de 0,78 e maior valor para CAF de 6,64 (Tabela 1).

A variável pH além de ter apresentado menor CV_E , exibiu menor amplitude de variação no estudo, cerca de 14% com valores entre 5,41 e 6,18, mostrando-se ser uma variável pouco sensível quanto as etapas de pós colheita, desde que siga como recomendado, entretanto, foi verificado elevadas amplitude em TRIG com valores entre 0,18 a 2 e com CAF com valores entre 0,69 e 1,68, requerendo adequada verificação (Tabela 1).

Nas estimativas dos componentes quadráticos, o genotípico se mostrou maior ao da interação do genótipo x ambientes (anos e processamento) para as duas variáveis respostas analisadas, sendo elas CE e LK, ratificando robustez das variáveis, demonstrando que são orquestradas principalmente pelos efeitos genéticos aditivos e de menor porção aos efeitos genéticos devido a dominância, epistasia e dos efeitos ambientais, sendo ainda variáveis que apresentam elevados coeficientes de determinação genotípico (H^2), CE (81,39) e LK (83,37), a demais variáveis apresentaram H^2 com valores intermediários como pH

(62,41), ACCLO (64,43) e CAF (63,58), e baixos com ATT (44,57) e TRIG (26,88) (Tabela 1).

A obtenção de valores de H^2 de médios a elevados como verificado neste estudo é de grande importância para os programas de melhoramento, em especial de características físico-químicas de grãos crus de café arabica, pois podem auxiliar na identificação de cafés com qualidades de bebida, dessa forma amparando as tomadas de decisões (FALCONER, 1987).

Este panorama genético é confirmado por outras estimativas como elevados valores do coeficiente de variação genético (CV_G), CE 14,10 e LK 15,77, essas duas variáveis foram as que apresentaram as maiores relações CV_G/CV_E , sendo de 3,06 e 3,15 respectivamente, ratificando-as como importantes em critérios de seleção de genitores em programa de melhoramento para temática verificada, outras variáveis como ACCLO e CAF também apresentaram desempenho satisfatório no parâmetro, com valores entre 1,70 a 1,21, pois em casos em que a relação CV_G/CV_E é superior a 1, indica maiores chances de ganhos genéticos (FERRÃO *et al.*, 2008), como foi verificado neste trabalho, as variáveis ATT, pH e TRIG apresentaram relação CV_G/CV_E entre 0,85 e 0,93, demonstrando maior ação dos efeitos genéticos sobre o ambiental (Tabela 3).

São escassos trabalhos na literatura que estimam os parâmetros genéticos para caracteres físico-químicas de grãos crus de café, especialmente para as novas cultivares modernas, as quais apresentam elevadas produções, estabilidade produtiva, qualidade de bebida e tolerância a estresses bióticos e abióticos e entre outras características de interesse.

Tabela 1 – Estatística geral e estimativa de parâmetros genéticos dos caracteres Físico-químicas avaliados de grão crus de 40 genótipos de *Coffea arabica*, em duas formas de processamento de dois anos de colheita

Parâmetros	ATT	CE	LK	pH	TRIG	ACCLO	CAF
$\bar{X}$ Geral	161,06	222,37	88,63	5,73	1,18	4,73	1,16
CV _E (%)	3,43	4,60	4,99	0,78	6,17	5,80	6,64
Mínimo	104,49	122,5	47,55	5,41	0,18	1,87	0,69
Máximo	208,99	375,67	155,2	6,18	2	7,93	1,63
S ² _G	26,37	984,26	195,38	0,002	0,004	0,21	0,0047
S ² _{GxA}	118,11	731,24	167,84	0,004	0,040	0,44	0,0096
S ² _R	30,08	104,69	19,57	0,002	0,005	0,07	0,0032
H ² (%)	44,57	83,37	81,39	62,41	26,88	64,43	63,58
CV _G (%)	3,18	14,10	15,77	0,75	5,30	9,88	5,94
CVg/CVe	0,93	3,06	3,15	0,95	0,85	1,70	1,21
AS (%)	0,66	0,91	0,90	0,79	0,51	0,80	0,79

$\bar{X}$ Geral: média geral; CV_E (%): coeficiente de variação experimental; S²_G: variância genotípica; S²_{GxA}: variância da interação genótipo x ambiente; S²_R: variância residual; H²: herdabilidade; CV_G (%): coeficiente de variação genético; CVg/CVe: relação entre coeficiente de variação genético e coeficiente de variação experimental; AS: acurácia seletiva; ATT: Acidez titulável total; CE: condutividade elétrica; LK: lixiviação de potássio; pH: potencial hidrogeniônico ; TRIG: trigonelina; ACCLO: ácido clorogênico; CAF: cafeína .

Foi evidenciado no presente estudo, elevado valor de acurácia seletiva (AS) (>70%) para as variáveis CE, LK, pH, ACCLO e CAF, sendo todas superiores a 79%, traduzindo-se maior possibilidade de selecionar genótipos, este parâmetro está associado a uma maior variabilidade genética (STORCK; DALFOLLO-RIBEIRO, 2011), confirmando os valores encontrados nos parâmetros genéticos como coeficiente de determinação genotípico e coeficiente de variação genético (Tabela 1). Portanto, condições favoráveis ao melhoramento das características avaliadas, e resultados como estes traduzem a predominância dos componentes genéticos em relação aos ambientais (FERRÃO *et al.*, 2008).

Para o estudo das correlações fenotípicas e genéticas, foram desconsiderados os efeitos dos anos, visto que houve o evento climático adverso de déficit hídrico acentuado no ano agrícola de 2015/16, ao qual claramente influenciou no estudos dos fatores, entretanto, este evento não representa a realidade de cultivo na região, portanto, os estudos foram realizados considerando as particularidades dos genótipos em função dos processamentos (Tabela 2).

Para adequada interpretação das correlações, é necessário se atentar a três aspectos nas considerações: a magnitude, a direção e a significância. Correlação positivas indicam a tendência de uma variável aumentar quando a outra aumenta, correlações negativas indicam tendência de uma variável aumentar enquanto a outra diminui (NOGUEIRA *et al.*, 2012).

Todas as estimativas das correlações genotípicas significativas (r_G) suplantaram as fenotípicas (r_F) nos dois processamentos avaliados, com valores em modulo iguais ou superiores (Tabela 2), o que ressalta a relevância do fator genético diante do fator ambiental.

No processamento cereja natural as variáveis pH e ACCLO são a que mais se correlacionaram com as demais, cada uma se correlacionam com mais cinco outras, tanto nas correlações genotípicas quanto fenotípicas, já no processamento cereja descascado, algumas dessas relações não foram observadas, sendo verificado que as variáveis CE, LK e CAF que mais se correlacionaram com as demais, quatro cada uma (Tabela 2).

Tabela 9 – Correlações fenotípica na diagonal superior e genotípicas na diagonal inferior entre as variáveis acidez titulável total (ATT), condutividade elétrica (CE), lixiviação de potássio (LK), potencial hidrogeniônico (pH), trigonelina (TRIG), ácido clorogênico (ACCLO) e cafeína (CAF) de 40 genótipos de *Coffea arabica* submetidos a dois processamentos, grão cereja natural e descascado

Cereja Natural							
	ATT	CE	LK	PH	TRIG	ACCLO	CAF
ATT	---	-0.02	-0.14	-0.33*	0.18	0.39*	0.16
CE	-0.02	---	0.84**	0.45**	0.10	-0.56**	0.00
LK	-0.15	0.86**	---	0.46**	0.07	-0.50**	-0.10
PH	-0.37 ⁺	0.53**	0.53**	---	-0.36*	-0.74**	-0.16
TRIG	0.22	0.10	0.07	-0.43**	---	0.36*	0.33*
ACCLO	0.47**	-0.60**	-0.53**	-0.81**	0.39 ⁺	---	0.24
CAF	0.27	0.01	-0.10	-0.22	0.33 ⁺	0.28	---
Cereja Descascado							
	ATT	CE	LK	PH	TRIG	ACCLO	CAF
ATT	---	-0.52**	-0.46**	-0.28	0.05	0.27	0.42**
CE	-0.62**	---	0.88**	0.15	-0.13	-0.30	-0.47**
LK	-0.56**	0.91**	---	0.10	-0.07	-0.38**	-0.44**
PH	-0.32 ⁺	0.19	0.11	---	-0.30	-0.02	-0.16
TRIG	0.03	-0.16	-0.09	-0.34 ⁺	---	0.03	0.10
ACCLO	0.36 ⁺	-0.31 ⁺	-0.42**	-0.03	0.10	---	0.61**
CAF	0.49**	-0.50**	-0.47**	-0.17	0.13	0.62**	---

** e *: Significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste t. ** e +: Significativo a 1 e 5% respectivamente pelo método de bootstrap com 5000 simulações.

Elevados valores ($> |0,60|$) significativos entre CE x LK, CE x ACCLO e ACCLO x pH no processamento natural para r_G e r_F , assim como para ATT x CE, CE x LK e CAF x ACCLO. Para essas e demais correlações significativas encontradas possivelmente acontecem devido ao pleiotropismo, onde que um gene influencia na expressão de mais de um caráter (FALCONER, 1987). Tais correlações são, portanto, importantes para futuros estudos na área, pois apresentam robustez nos resultados, sendo assim gerando informações uteis para programa de melhoramento de *Coffea arabica* visando a qualidade fisiológica do grão e final de bebida.

Para ocorrência de seleção indireta é necessário o encontro de correlações genéticas de magnitudes elevadas, pois ser torna favorável para o processo de melhoramento (RESENDE *et al.*, 2014), como foi verificado neste trabalho, mas deve-se ter prudência em selecionar genótipos apenas em detrimento de uma característica, sendo portanto, necessário estudos futuros como por exemplo, de qualidade de bebida e características agrônômicas para que assim, seja possível a correlação entre as informações e uma melhor seleção por parte dos melhoristas

Em virtude deste cenário, foi proposto a seleção dos genótipos via índice de Mulamba e Mock com os valores genotípicos preditos das variáveis físico-químicas, levando-se assim apenas em consideração os efeitos aditivos, pois apenas estes são herdáveis (Tabelas 3).

Os genótipos foram ranqueados em cada variável analisada de acordo com indicado na literatura visando a obtenção de cafés com qualidade de bebida, de forma decrescente para as variáveis ATT, CE, LK e ACCLO, de forma crescente para o pH, TRIG e CAF, na sequência foi calculado o rank médio de cada genótipo pela média geral das características analisadas para o cálculo do ganho de seleção (GS) (Tabelas 3).

Foram selecionados os genótipos que apresentam os maiores ganhos médios de seleção: 7, 36, 14, 37, 32, 30, 33, 31, 15, 26, 17, 1, 3, 8, 4, 22 e 40 (Tabela 3).

Tabela 3 - Índice de seleção de Mulamba e Mock dos valores genotípicos preditos das variáveis acidez titulável total (ATT), condutividade elétrica (CE), lixiviação de potássio (LK), potencial hidrogeniônico (pH), trigonelina (TRIG), ácido clorogênico (ACCL) e cafeína (CAF) avaliados de grão crus de 40 genótipos de *Coffea arabica* avaliados em dois anos e dois processamentos

Gen	ATT	CE	LK	pH	TRIG	ACCLO	CAF	Rank $\bar{x}$	GS %
-----	-----	----	----	----	------	-------	-----	----------------	------

7	154	166	61	5.83	1.31	4.28	1.15	11.6	43.6
36	164	110	50	5.72	1.36	5.22	1.31	13.0	36.6
14	156	182	57	5.98	1.10	4.10	1.09	14.7	28.2
37	163	144	62	5.66	1.35	5.45	1.43	15.6	24.0
32	150	170	90	5.66	1.27	4.92	1.28	17.1	16.4
30	165	165	53	5.66	1.28	6.27	1.34	17.6	14.3
33	164	147	54	5.63	1.42	5.43	1.27	17.6	14.3
31	159	147	55	5.64	1.27	5.70	1.27	18.0	12.2
15	161	247	84	5.80	1.21	4.83	1.28	18.3	10.8
26	169	175	70	5.66	1.36	5.10	1.30	18.4	10.1
17	149	256	85	5.83	0.95	4.41	1.15	19.1	6.6
1	166	192	81	5.79	1.10	3.42	1.04	19.3	5.9
3	127	242	121	5.75	1.24	3.21	0.93	19.3	5.9
8	154	326	121	5.80	1.35	3.65	1.06	19.7	3.8
4	145	278	106	5.81	1.21	3.93	1.00	20.0	2.4
22	152	227	111	5.85	1.17	5.26	1.14	20.0	2.4
40	175	198	83	5.68	1.02	3.78	1.33	20.1	1.7
6	138	243	87	5.70	1.05	3.45	0.84	20.7	
39	173	172	65	5.69	1.08	4.97	1.32	20.7	
11	154	283	96	5.70	1.10	4.12	1.26	21.1	
2	159	221	88	5.70	1.27	4.32	0.89	21.3	
38	169	224	77	5.63	1.44	6.22	1.29	21.3	
5	149	280	130	5.73	1.26	3.90	1.06	21.7	
13	155	262	88	5.76	0.89	3.72	1.10	21.7	
29	167	111	46	5.58	1.11	6.87	1.22	21.7	
10	157	293	103	5.74	1.27	4.17	1.14	21.9	
18	168	311	139	5.84	1.33	4.70	1.26	21.9	
24	160	239	101	5.79	1.22	4.58	1.04	22.0	
27	169	140	49	5.65	1.08	6.37	1.24	22.1	
12	177	266	92	5.80	1.13	3.95	1.19	22.3	
9	164	324	144	5.77	1.33	3.53	1.06	22.9	
25	169	232	102	5.77	1.31	5.02	1.08	22.9	
19	159	322	147	5.86	1.17	4.97	1.17	23.1	
20	159	265	101	5.76	0.89	4.66	1.29	23.1	
35	176	126	52	5.66	1.08	4.49	0.87	23.1	
21	170	233	95	5.81	1.06	5.05	1.22	23.7	
16	152	327	114	5.77	0.98	4.07	1.11	23.9	
34	179	248	91	5.53	1.47	6.83	1.34	24.4	
23	164	245	129	5.83	0.96	4.30	1.08	24.7	
28	183	156	66	5.65	0.99	6.21	1.05	28.3	

A adoção do índice de seleção propicia a adoção de critérios mais refinados para seleção de genótipos superiores, pois são levados em consideração várias características simultaneamente. Desta maneira, os resultados proporcionados suscitaram as informações imperiosas para a acúmulo dos benefícios relatados

(RESENDE *et al.*, 2014). Portanto, pode contribuir de sobremaneira a maximização do custo/benefício do programa de melhoramento genético.

CONCLUSÃO

As variáveis CE e LK demonstraram serem promissoras para o processo de melhoramento via seleção direta e indireta.

O índice de seleção de rank médio de Mulamba e Mock de forma simultânea das variáveis, mostrou-se promissora, identificando 17 genótipos superiores à média geral do rank médio, destacando os genótipos 7, 36, 14 e 37 com ganhos superiores a 20%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHÃO, S. A. *et al.* Compostos bioativos em café integral e descafeinado e qualidade sensorial da bebida. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 43, n. 12, p. 1799-1804, 2008.

AGUIAR, A. T. da Eira *et al.* Characterization of Coffea arabica cultivars by minimum descriptors. **Bragantia**, v. 63, n. 2, p. 179-192, 2004.

BARILI, L. D. *et al.* Genotype-environment interaction in common bean cultivars with carioca grain, recommended for cultivation in Brazil in the last 40 years. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 15, n. 4, p. 244-250, 2015.

BHERING, L. L. Rbio: A tool for biometric and statistical analysis using the R platform. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 17, n. 2, p. 187-190, 2017.

CARIAS, C. O. M. *et al.* Produtividade de grãos de cafeeiro Conilon de diferentes grupos de maturação pelo procedimento REML/BLUP. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 2, 2014.

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

CRUZ, C. D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

CUBRY, Philippe *et al.* Diversity in coffee assessed with SSR markers: structure of the genus *Coffea* and perspectives for breeding. **Genome**, v. 51, n. 1, p. 50-63, 2007.

FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F.C. **Introduction to quantitative genetics**. London: Longman. p. 464. 1996

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

FERRÃO, M.A.G. *et al.* Técnicas de produção de café arábica: renovação e revigoração das lavouras no estado do Espírito Santo (1ª edição). DCM - INCAPER, Vitória - ES. CIRCULAR TÉCNICA, 05, 2008. 56 p (INCAPER. CIRCULAR TÉCNICA 05-1).

FEITOZA, L.R. *et al.* Mapa das Unidades Naturais do Espírito Santo. EMCAPA, Vitória. Mapa na escala 1:400.000. Colorido. 1999.
IAL- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4ed. São Paulo: **Instituto Adolfo Lutz**, 1020p., 2008. (versão Eletrônica).

KITZBERGER, C. S. G. *et al.* Composição química de cafés arábica de cultivares tradicionais e modernas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 11, p. 1498-1506, 2013.

LASHERMES, Philippe *et al.* Molecular characterization and origin of the *Coffea arabica* L. genome. **Molecular and General Genetics MGG**, v. 261, n. 2, p. 259-266, 1999.

LASHERMES, Philippe *et al.* Analysis of alien introgression in coffee tree (*Coffea arabica* L.). **Molecular breeding**, v. 27, n. 2, p. 223-232, 2011.

MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the ETO blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits [Mexico]. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**, 1978.

NOGUEIRA, Ana Paula Oliveira *et al.* Análise de trilha e correlações entre caracteres em soja cultivada em duas épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 6, 2012.

PRETE, C. E. C.; ABRAHÃO, J. T. M. Condutividade elétrica dos exsudatos de grãos de café (*Coffea arabica* L.) I Desenvolvimento da Metodologia. **SEMINA**, Londrina-PR, v. 16, n.1, p. 17-21, 1995.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2018.

RAMALHO, M. A. P. *et al.* Genetics in agriculture. Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brazil (in Portuguese), 2004.

RESENDE, M. D. V. de. **Análise estatística de modelos mistos via REML/BLUP na experimentação em melhoramento de plantas perenes**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 101p. (Documentos, 47).

RESENDE, M.D.V. de. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 975p.

RESENDE, M. D. V. Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético. **Embrapa Florestas, Colombo**, v. 362, 2007.

RESENDE, M. A. V. *et al.* Divergência genética e índice de seleção via BLUP em acessos de algodoeiro para características tecnológicas da fibra. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 3, 2014.

SETOTAW, Tesfahun Alemu *et al.* Coefficient of parentage in Coffea arabica L. cultivars grown in Brazil. **Crop Science**, v. 53, n. 4, p. 1237-1247, 2013.

SILVA, V. A. *et al.* Adaptability, stability, and genetic divergence of conilon coffee in Alto Suaçuí, Minas Gerais, Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 17, n. 1, p. 25-31, 2017.

STORCK, L.; DALFOLLO RIBEIRO, N. Valores genéticos de linhas puras de soja preditos com o uso do método de Papadakis. **Bragantia**, v. 70, n. 4, 2011.

SOUSA, T. V. *et al.* Molecular markers useful to discriminate Coffea arabica cultivars with high genetic similarity. **Euphytica**, v. 213, n. 3, p. 75, 2017.

VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C.; 1999. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI FC; VIEIRA RD; FRANÇA NETO JB (eds). Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES. cap.4. p.1-26.

VENCOVSKY, R. I. Herança quantitativa. **Melhoramento e produção de milho**, v. 2, p. 137-214, 1987.

VITORINO, M.D.; FRANÇA, A.S.; OLIVEIRA, L.S.; BORGES, M.L.A. Metodologias de obtenção de extrato de café visando a dosagem de compostos não voláteis. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v.26, p.17-24, 2001.

CAPÍTULO / ARTIGO 3

PREDIÇÃO E DIVERSIDADE GENÉTICA DE 40 GENÓTIPOS DE COFFEA ARABICA DO BANCO ATIVO DE GERMOPLASMA DO INCAPER POR MEIO DE CARACTERES FÍSICO-QUÍMICAS

RESUMO

A espécie *Coffea arabica* L. apresenta baixa variabilidade natural, o que é um dificultador para seleção, entre eles quando se busca genótipos que tenham boas produtividades, resistência a patógenos, estresses climáticos, qualidade de bebida e entre outros. Visando aumentar esta variabilidade, programas de melhoramentos buscam fazer cruzamentos com materiais gênicos mais dissimilares e que reúna as características desejadas. Deste modo é necessário realizar estudos de diversidade genética para identificação destes grupos heteróticos. Objetivou-se com este trabalho identificar grupos de genótipos similares e dissimilares quanto a características físico-químicas de grãos crus de 40 genótipos de *C. arabica* em geração F6/F7 pertencentes ao programa de melhoramento genético de café do Instituto Capixaba de Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), que vem sendo conduzidos na Fazenda Experimental de Venda Nova do Imigrante (FEVN), são genótipos oriundos de cruzamentos envolvendo genitores comerciais ("Catuaí", "Caturra") com diferentes fontes de ("Híbrido de Timor", "Vila Sarchi", "Icatú"). As amostras de café analisadas foram referentes a dois anos agrícolas e submetidos a duas formas de processamentos. Para análise de diversidade genética foi utilizado os valores genotípicos preditos (BLUP), assim retirando a atuação de efeitos ambientais. As análises físico-químicas foram realizadas nos laboratórios de Química, Biotecnologia e de Melhoramento de Plantas do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias (CCAEE) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). As determinações foram realizadas em três repetições e todos os resultados foram expressos em base seca. Na verificação, foi sugerido a formação de 4 grupos, as variáveis condutividade elétrica e lixiviação de potássio são as que mais contribuíram para formação dos grupos.

Palavras-chave: cafeicultura, físico-química, compostos bioativos, BLUP, UPGMA, CLAE.

PREDICTION AND GENETIC DIVERSITY OF 40 GENOTYPES OF COFFEA ARABICA OF INCAPER GERMOPASM ACTIVE BANK BY PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERS

SUMMARY

The species *Coffea arabica* L. presents low natural variability, which is a difficult one for selection, among them when searching for genotypes that have good yields, resistance to pathogens, climatic stresses, drink quality and others. In order to increase this variability, breeding programs seek to make crosses with more dissimilar genetic materials that meet the desired characteristics. Therefore, it is necessary to carry out genetic diversity studies to identify these heterotrophic groups. The objective of this work was to identify groups of similar and dissimilar genotypes regarding physical and chemical characteristics of raw grains of 40 genotypes of *C. arabica* in generation F6 / F7 belonging to the genetic improvement program of the Capixaba Institute of Technical Assistance and Extension ("Caturra") with different sources of ("Hybrid of Timor", "Hybrid of Timor", "Hybrid of Timor", "Vila Sarchi", "Icatú"). The coffee samples analyzed were two years of agricultural and submitted to two forms of processing. For genetic diversity analysis, predicted genotypic values (BLUP) were used, thus removing the effects of environmental effects. The physico-chemical analyzes were carried out in the Chemistry, Biotechnology and Plant Breeding laboratories of the Center of Agrarian Sciences and Engineering (CCAEE) of the Federal University of Espírito Santo (UFES). The determinations were performed in three replicates and all results were expressed on dry basis. In the verification, it was suggested the formation of 4 groups, the variables electrical conductivity and potassium leaching were the ones that contributed the most to the formation of the groups.

Keywords: coffee cultivation, physicochemistry, bioactive compounds, BLUP, UPGMA, CLAE.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, programas de melhoramento têm buscado o desenvolvimento de cultivares de café com características específicas, além de elevado potencial produtivo. Das mais de 100 espécies descritas do gênero *Coffea*, apenas duas são cultivadas em escala comercial: *Coffea arabica* L (café arábica) e *Coffea*

canephora Pierre ex Froehner (café robusta/conilon), ambas cultivadas no Brasil (IOC, 2019). No ano de 2018 o Estado do Espírito Santo colaborou com aproximadamente 10% do café arábica produzido no país, ocupando a terceira posição dos Estados produtores (CONAB, 2019).

O café é uma das commodities agrícolas onde o valor comercial é atrelado a qualidade. Desta maneira, esforços tem sido realizado por instituições ligados a cultura buscando garantir que o café além de apresentar alta produtividade, possua também características qualitativas de interesse pelo mercado consumidor, de sobre maneira, aos que remuneram as especificidades do produto.

As variações genéticas entre indivíduos de espécies iguais ou diferentes que levem a diversidade, devem ser asseguradas para a sustentabilidade dos programas de melhoramento, e disponibilidade de cultivares agronomicamente superiores (SILVA, J *et al.*, 2016). Objetivando desenvolver cultivares resistentes à ferrugem e às condições climatológicas adversas programas de melhoramento tem utilizado dessa diversidade através materiais genéticos oriundos de cruzamentos envolvendo genitores comerciais como ‘Catuaí’ e ‘Caturra’, com diferentes fontes de ‘Híbrido de Timor’, ‘Vila Sarchi’ e ‘Icatú’ (KITZBERGER *et al.*, 2013).

Diferenças entre as características de bebida das cultivares tradicionais e as obtidas desses cruzamentos tem sido relatada por comercializadores do grão, sendo observado menor qualidade sensorial de novos cultivares que tiveram introgressão de genes de resistência (BERTRAND *et al.*, 2008). Portanto, sendo necessário pesquisas que encontrem genótipos que associem a maior qualidade de bebida resistência a estresses bióticos e abióticos.

Para obtenção final de qualidade bebida, deve-se atentar à genética das plantas utilizada, bem como as condições ambientais e culturais, método de colheita, tratamento pós-colheita, armazenamento e beneficiamento. Além disso, são ainda levados em consideração aparência, densidade, tamanho, forma, condição sanitária, tipo, propriedades físico-química e sensoriais dos grãos.

Estudos relatam que no café são encontrados, mais de 700 compostos que são responsáveis pelo flavor aromático (JESZKA-SKOWRON *et al.*, 2016).

Os precursores do aroma e sabor, que caracterizam a bebida, podem ser encontrados dentro do conteúdo químico dos grãos de café (SELMAR *et al.* 2008). Muitos destes compostos, apesar da pequena quantidade encontrada no grão verde, desempenham um papel enorme na formação de aroma e sabor do café. Portanto, o conhecimento acerca dos compostos físico-químicos permitirá melhor aproveitamento da baixa diversidade genética do *C. arabica*, ampliando a exportação do grão para mercados exigentes em qualidade e mais competitivos.

Vários estudos com objetivo de identificar e descrever as etapas pertencentes à reação, componentes envolvidos, produtos resultantes e seus efeitos na qualidade do grão (DOS SANTOS SCHOLZ *et al.*, 2014; MAZZAFERA, P.; SILVAROLLA, 2010), bem como a influência da diversidade genética sobre a composição química vem sendo realizados (DOS SANTOS SCHOLZ *et al.* 2016, KITZBERGER *et al.*, 2013).

Contudo, é necessário que durante estes processos de avaliação, sejam levado em consideração as particularidades das características, pois algumas costumam ser de natureza quantitativa, de arquitetura genética complexa e que apresentam interação com o ambiente, desta maneira é necessário utilizar métodos acurados de análises estatísticas para obtenção de resultados robustos (ANDRADE *et al.*, 2016).

Diante deste contexto, objetivou-se com este trabalho analisar a predição e diversidade genética de 40 genótipos de *Coffea arabica* do banco ativo de germoplasma (BAG) do INCAPER por meio de caracteres físico-químicas.

MATERIAL E MÉTODOS

PREPARO DAS AMOSTRAS EM GRÃOS VERDES E CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

Foram estudados 40 genótipos elites de café arábica do programa de melhoramento genético do Incaper em avaliação na Fazenda Experimental de Venda Nova (FEVN). Os tratamentos 01 (Obatã, pertencente à população de Sarchimor, sendo resultado do cruzamento artificial entre o cultivar Vila Sarchi CIFC 971/10 e o Híbrido de Timor CIFC 832/2) e 40 (Catuaí Vermelho IAC 44, hibridização artificial de Caturra Amarelo IAC 476-11 com Mundo Novo IAC 374-19) são testemunhas locais e os de números 02 a 39 são progênies F6/F7 oriundos de cruzamentos envolvendo genitores comerciais ('Catuaí', 'Caturra') com diferentes fontes de resistência a ferrugem, como 'Híbrido de Timor', 'Vila Sarchi' e 'Icatú'.

O Experimento com os 40 materiais genéticos foi implantado na Fazenda Experimental de Venda Nova, a 720 m de altitude, em 22 de março de 2011, no delineamento de blocos casualizados com três repetições, 16 plantas por parcela e no espaçamento de 2,2 x 0,8 m, que equivale a densidade de 5681/ha plantas.

A Fazenda de Venda Nova, localiza-se no município de Venda Nova do Imigrante, região Serrana do Espírito Santo, em LAT: 20,385° S LON: 41,189° W ALT: 722 m. Caracteriza-se com solo acidentado, clima chuvoso e temperaturas baixas, segundo o Mapa de Unidades Naturais (FEITOSA *et al.*, 1999).

As adubações de plantio, de formação e de coberturas foram realizadas com base nos resultados da análise de solo e recomendação técnica (FERRÃO *et al.*, 2008). Realizou-se os tratos culturais na linha com base nas necessidades da cultura e nas entre linhas com alternância de roçadas e controle químico. O experimento foi conduzido sem irrigação e sem controle de doenças. No período de formação, foi realizado controle químico de bicho mineiro.

As amostras de café deste estudo são oriundas da segunda e terceira colheita do experimento que correspondem as safras 2014/2015 e 2015/2016,

respectivamente. Todas as amostras de grãos crus de café foram colhidas, preparadas e processadas na FEVN.

Os frutos de café maduros, colhidos seletivamente, foram processados por via seca e via úmida. No processamento via seca, que resulta nos cafés naturais, quatro litros dos frutos foram lavados e selecionados manualmente, para garantir a uniformidade da amostra em relação ao estágio de maturação, foram separados os grãos verdes dos cerejas.

Concomitantemente, realizou a colheita de oito litros de café e realizou o processamento do café via úmida, os frutos foram lavados e descascados mecanicamente, durante esse processo o fruto cereja perde facilmente a casa sendo denominado Cereja Descascado (CD).

As amostras dos 40 genótipos dos dois tipos de processamento foram secas em terreiro suspenso e coberto e, rigorosamente monitoradas tecnicamente para não ocorrer misturas. Quando atingiram 11,5%, foram armazenadas adequadamente no laboratório de pós-colheita da FEVN até o beneficiamento.

Após beneficiamento, 400 gramas das amostras de cafés dos 40 genótipos processados via seca e CD (total de 80 amostras) foram enviadas para o Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da UFES, para a realização das análises físico-químicas, as quais foram realizadas nos laboratórios de Química, Biotecnologia e de Melhoramento de Plantas.

As determinações foram realizadas em três repetições e todos os resultados foram expressos em base seca.

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO GRÃO VERDE BENEFICIADO

Para as análises de potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável total (ATT), as amostras de grãos crus (beneficiados), foram submetidas as normas de realização e preparo de acordo com a metodologia proposta pelo IAL (2008) sendo as leituras realizadas em potenciômetro, à temperatura ambiente.

Para a análise de condutividade elétrica (CE) nos grãos crus, foi utilizada a metodologia proposta por Vieira e Krzyzanowski (1999), após a leitura da CE uma alíquota foi retirada para leitura da lixiviação de potássio, metodologia esta proposta por (PRETE, 1995). Os resultados serão expressos em $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ de amostra.

As análises simultâneas de cafeína, trigonelina e ácido clorogênico, foram realizadas de acordo com os procedimentos de extração com água quente, estabelecidos por Vitorino *et al.* (2001). A determinação foi realizada por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), utilizando padrões externos da marca Sigma-Aldrich para identificação dos picos e curva padrão (ABRAHÃO *et al.*, 2008).

ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos ao acaso, com três repetições, em esquema fatorial, sendo os fatores genótipos e anos (assumidos como aleatórios), e processamento (assumido como fixo).

Com base nas avaliações das variáveis físico-químicas citadas anteriormente, foram realizados os procedimentos estatísticos: definição de um modelo adequado e definição da natureza dos efeitos, fixos ou aleatórios; estimação dos componentes da variância, predição de valores genotípicos e ordenamento dos genótipos, por meio de gráficos.

A análise dos dados foi realizada pelo método de máxima verossimilhança restrita e melhor predição linear não viesada (REML/BLUP). O modelo estatístico para análise dessa rede experimental em vários ambientes de disponibilidade de nitrogênio, considerando a tomada de uma observação por parcela, é dado por:

$$y = Xb + Zg + Wt + e$$

em que:

y, b, g, t, e = vetores de dados, efeitos dos ambientes (anos e processamentos), efeitos genotípicos, efeitos da interação genótipos x ambientes (aleatórios) e de

erros aleatórios, respectivamente. X, Z e W = matrizes de incidência para b, g e t, respectivamente.

As análises estatísticas foram realizadas por meio do software R versão 3.4.1 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2018), utilizando as funções lmer e ranef da biblioteca lme4 para a estimação e predição do modelo misto (REML/BLUP) (BATES *et al.*, 2015). A significância dos efeitos aleatórios foi verificada pelo teste da razão de verossimilhança (LTR), obtido pela função rand (), da biblioteca lmerTest (KUZNETSOVA *et al.*, 2016).

Posteriormente, com os valores genotípicos preditos de cada variável físico-química foram utilizados na matriz de dados para estimação da diversidade genética utilizando *Heatmap*, por meio da matriz de distâncias de euclidianas médias, e o método hierárquico *Unweighted Pair-Group Method Using Arithmetic Averages* (UPGMA). O ponto de corte dos agrupamentos das distâncias foi realizado de acordo com Mojena (1977). Para tal foram utilizadas as funções data.matrix e heatmap das bibliotecas graphics e grDevices utilizando o programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2018).

O estudo da diversidade genética, possibilita, por meio dessas distâncias, quantificar a contribuição relativa dos caracteres para a divergência genética utilizando o critério proposto por Singh (1981) baseado na estatística S_j , obtido pelo programa Genes (CRUZ *et al.*, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Efeitos significativos entre os genótipos foram verificados no componente de variância pelo teste da razão de verossimilhança (LTR), demonstrando a existência de variabilidade entre os genótipos analisados nas distintas variáveis analisadas como acidez titulável total (ATT), condutividade elétrica (CE), lixiviação de potássio (LK), potencial hidrogeniônico (pH), trigonelina (TRIG), ácido clorogênico (ACCLO) e cafeína (CAF).

Dentro de um programa de melhoramento genético da cultura do café é fundamental que se busque variabilidade (FRANCCEDIL *et al.*, 2013). Essa condição de variabilidade é pouco encontrada na espécie *C. arabica*, historicamente poucos genótipos foram introduzidos no Brasil, além disso, à sua origem de campo não favorece a variabilidade, pois é uma espécie classificada como autógama.

Utilizando os valores genotípicos preditos (BLUP) das respectivas variáveis analisadas, com uso das distancias euclidianas médias, foi realizado o agrupamento dos genótipos, para tal, diversos critérios de agrupamentos foram testados, sendo escolhido o UPGMA devido ter apresentado maior coeficiente de correlação cofenética (Figura 1).

Em estudos de agrupamento, é aconselhável a realização de uma avaliação de coerência, conforme feito no presente trabalho, permitindo que conclusões sobre semelhanças entre os indivíduos sejam verdadeiramente confiáveis. Em agrupamento com algoritmos hierárquicos, a correlação entre os elementos da matriz de dissimilaridade original e seus respectivos elementos da matriz cofenética – sendo está utilizada como uma medida de avaliação da consistência de agrupamento (SILVA; DIAS., 2013).

A estimativa da distância genética de Mahalanobis pode ser encontrada em estudos como o de Fonseca *et al.* (2006), que encontraram magnitudes variando de 0,67 a 87,74 em café conilon clones. Nesse contexto, Guedes *et al.* (2013) encontraram magnitudes que variaram de 0,52 a 84,90 em germoplasma de café de Maragogipe. Esses autores apontaram a ampla diversidade genética observado nestes estudos, fato que deve ser considerado para as progênies do Big Coffee VL. Segundo Silva, J *et al.*, (2016) que encontrou correlação cofenética de 0,80, sendo que o cruzamentos dos indivíduos mais dissimilares são de grande interesse na planta programas de melhoramento; entretanto, isso não garante a heterose, porque o superior o desempenho também depende da complementaridade alélica. Além disso, no parental seleção, a seleção de indivíduos superiores nas gerações subsequentes, especialmente desempenho

e complementaridade alélica, devem ser levados em conta (DIAS; KAGEYAMA, 1997; SOUZA *et al.*, 2005; GUEDES *et al.*, 2013.).

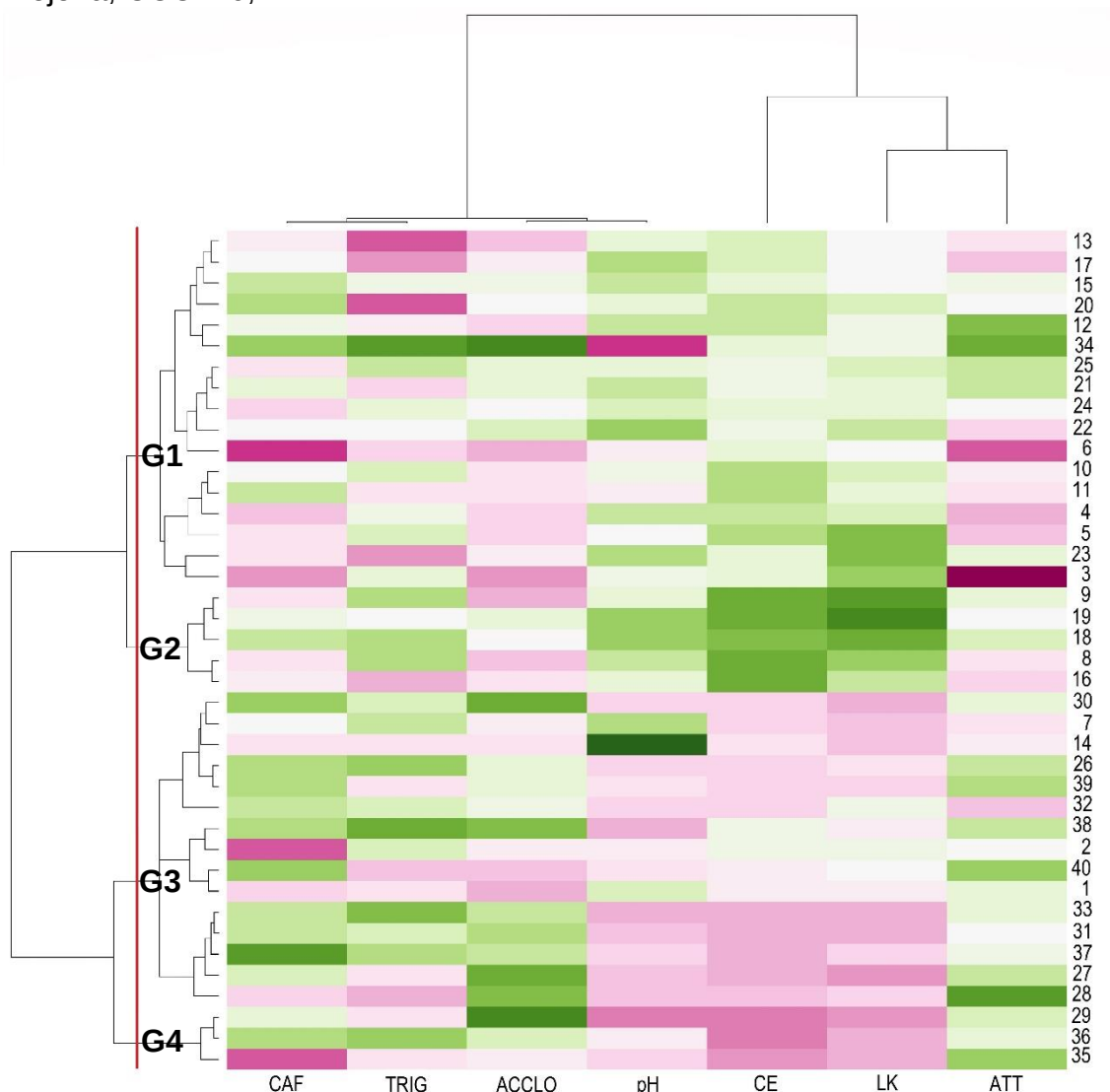
Valores de correlação cofenética menores que 0,70 indicam inadequação do método de agrupamento (ROHLF, 1970). No presente estudo a correlação cofenética do dendrograma foi igual a 0,76, o que indica que o método de UPGMA foi adequado no agrupamento dos genótipos, o que corroborou com os trabalhos supra citados. O ponto de corte foi realizado de acordo com Mojena (1977), sendo sugerindo a formação total de quatro grupos de genótipos de *C. arabica* analisados (Figura 1).

O primeiro grupo (G1), foi composto por 17 genótipos, quase a metade dos genótipos analisados, sendo eles o 3, 4, 5, 6, 10, 11,12,13, 15, 17, 20, 21, 22, 23, 24, 25 e 34. O segundo grupo (G2) reuniu cinco genótipos, sendo eles o 8, 9, 16, 18 e 19. Já o terceiro grupo, foi formado pela junção de 14 genótipos, sendo o segundo grupo que mais reuniu, sendo eles o 7, 14, 26, 30, 32, 39, 27, 28, 29, 31, 33, 35, 36 e 37. O último grupo formado, o G4, apresenta quatro genótipos, sendo eles o 1, 2, 38 e 40 (Figura 1).

A formação destes distintos grupos pode ter sido favorecida pela expressão de alelos comuns compartilhados entre um dos parentais, podendo ser entre eles de resistência a ferrugem, visto que são genótipos oriundos de cruzamentos entre genitores comerciais como 'Catuaí' e 'Caturra', com diferentes fontes de 'Híbrido de Timor', 'Vila Sarchi' e 'Icatú', e todos os parentais apresentam tolerância parcial ou completa a fungo *Hemileia vastatrix*.

Figura 4 - Heatmap de 40 genótipos de *Coffea arabica*, em duas formas de processamento de dois anos de colheita com base nos valores genotípicos preditos das variáveis acidez titulável total (ATT), Condutividade elétrica (CE), Lixiviação de potássio (LK), potencial hidrogeniônico (pH), trigonelina (TRIG),

ácido clorogênico (ACCLO) e Cafeína (CAF), o ponto de corte de acordo com Mojena, CCC= 0,77.



Fonte: o autor, Alegre - ES, 26 de fevereiro de 2019.

Ao longo do processo de melhoramento genético de *C. arabica* tem sido identificado e utilizado diferentes fontes de resistência para essa doença, como o uso dos genes SH1, SH2 e SH4 de cafeeiros de *C. arabica* originados da Índia e África são (BETTENCOURT; NORONHA-WAGNER, 1971) e o gene SH5, que é encontrado em algumas variedades comerciais. Entretanto, essas fontes de resistência foram suplantadas ao patógeno, não sendo, hoje em dia, mais utilizados como fonte de resistência. Os novos trabalhos estão buscando utilizar cafeeiros da espécie *C. canephora* e híbridos interespecíficos (*C. arabica* x *C. canephora*), como Híbrido de Timor e Icatu, aos quais reúnem pelo menos os

genes SH6, SH7, SH8 e SH9 (BETTENCOURT *et al.*, 1980), e que reúna concomitantemente, qualidade físico-química dos grãos, que resultará em última instancia maior qualidade bebida.

Por meio das distâncias Euclidianas médias, foi possível quantificar a contribuição relativa de cada variável para a divergência genética estudada, esse critério foi proposto por Singh (1981).

Os valores percentuais apresentados na tabela 1, representam, os valores de S_j que constituem a medida da importância relativa da variável j para o estudo de diversidade genética.

Tabela 10 - Contribuição relativa com base nos valores genotípicos preditos das variáveis acidez titulável total (ATT), condutividade elétrica (CE), lixiviação de potássio (LK), potencial hidrogeniônico (pH), trigonelina (TRIG), ácido clorogênico (ACCLO) e cafeína (CAF) de 40 genótipos de *Coffea arabica*, em duas formas de processamento de dois anos de colheita para divergência genética de acordo com Singh (1981), cálculo feito com médias não padronizadas

Variáveis	S.J.	Valor (%)
ATT	192898	2,5316
CE	6192804	81,2759
LK	1232267	16,1726
PH	12,34	0,0002
TRIG	36,76	0,0005
ACCLO	1431,90	0,0188
CAF	31,56	0,0004

A variável condutividade elétrica foi a que mais contribuiu, cerca de 81%, assim como lixiviação de potássio (LK), com 16%, as duas juntas correspondem mais de 97% da variação total verificada, as demais variáveis pouco contribuem com a diversidade genética.

Essa contribuição expressiva de CE e LK (Tabela 1) para formação dos distintos grupos vai ao encontro com diversos resultados de pesquisas, onde ressaltam quão atrelados são a qualidade final de bebida aos baixos valores destas variáveis (PRETE, 1992; PIMENTA, 1995; PIMENTA *et al.*, 2000; GOULART *et al.*, 2007; PEREIRA, 2008).

Pela matriz de distância, os genótipos mais distantes são o 9 e 29, em contrapartida o 31 e 33 os mais próximos.

Diante deste contexto, foram determinados as médias e os desvios padrões (Tabela 2) das três principais variáveis que contribuíram para diversidade genética para cada grupo formado no dendrograma (Figura 1 e Tabela 2). O grupo 1 apresentou os menores valores de acidez titulável total (ATT), cerca de 6% a menos que grupo 4, sendo este um resultado desejável, visto que menores valores de ATT indicam maior qualidade fisiológica das membranas celulares dos grãos, assim como para a condutividade elétrica, quanto menores os valores, tendem a apresenta maior integridade dos grãos, este cenário foi identificado no grupo 3, chegando a apresentar valores com 53% a menos que o grupo 2. Resultado similar observado para lixiviação de potássio (LK), onde que o grupo 3 exibiu valores com cerca de 55% a menos ao grupo 2, assim como ATT e CE, a LK normalmente está associado a paramentos de integridade da membrana, grão íntegros tende a sofrer menos com processos de deterioração como oxidação, deste modo, pode propiciar maior qualidade final de bebida.

Os estudos contidos na literatura costumam salientar que quanto menores os valores de potencial hidrogeniônico (pH), tendem a diminuir a qualidade final de bebida, uma possível explicação para os prótons de hidrogênios livres, é a deterioração como já citado anteriormente, os genótipos apresentaram o valor médio de pH de 5,74.

Quanto as variáveis analisadas, trigonelina (TRIG), ácido clorogênico (ACCLO) e cafeína (CAF), são determinadas geneticamente, contudo, as concentrações podem ser alteradas por processos ambientais e culturais, podendo assim afetar diretamente a qualidade do café (MALTA *et al.*, 2003), os resultado verificados sugerem que esses constituintes são característica do tipo quantitativa, portanto, devendo haver a contribuição de mais de um gene na expressão destes compostos bioativos.

Tabela 2 – Desempenho (média e desvio padrão) das variáveis acidez titulável total (ATT), condutividade elétrica (CE), lixiviação de potássio (LK), potencial

hidrogeniônico (pH), trigonelina (TRIG), ácido clorogênico (ACCLO) e cafeína (CAF) de 40 genótipos de *Coffea arabica*, em duas formas de processamento de dois anos para cada grupo formado no estudo de diversidade genética pelo método UPGMA utilizando os valores genotípicos preditos (BLUP)

Grupos	Genótipos	ATT	CE	LK
1	3, 4, 5, 6, 10, 11,12,13, 15, 17, 20, 21, 22, 23, 24, 25 e 34	157	255	101
		±	±	±
		13	20	14
2	8, 9, 16, 18 e 19	159	322	133
		±	±	±
		7	7	15
3	7, 14, 26, 30, 32, 39, 27, 28, 29, 31, 33, 35, 36 e 37	165	151	59
		±	±	±
		9	23	11
4	1, 2, 38 e 40	167	209	82
		±	±	±
		7	16	5

De forma geral, tanto TRIG, ACCLO E CAF pouquíssimo contribuíram para diversidade genética, não chegando a 1%, o valor médio verificado para TRIG foi de 1,2 g/100g, o ACCLO de 4,61 g/100 e CAF 1,15 g/100g de café.

CONCLUSÃO

Existe divergência genética entre os 40 genótipos de *C. arabica* avaliados.

Os genótipos 7, 14, 26, 30, 32, 39, 27, 28, 29, 31, 33, 35, 36 e 37, apresentam grande potencialidade para futuros cruzamentos visando grão com maior qualidade fisiológica.

As variáveis trigonelina, ácido clorogênico (5-CQA) e cafeína pouco contribuem para a diversidade genética de *Coffea arabica*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHÃO, S. A. *et al.* Compostos bioativos em café integral e descafeinado e qualidade sensorial da bebida. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 43, n. 12, p. 1799-1804, 2009.

ANDRADE, V. T. *et al.* Implicações de modelagem estatística para a seleção de progênies do café. **Euphytica**, v. 207, n. 1, p. 177-189, 2016.

BATES, D. *et al.* Fitting linear mixed-effects models using lme4. **arXiv preprint arXiv:1406.5823**, 2015.

BETTENCOURT, A. J.; NORONHA WAGNER, H. Genetic factors conditioning resistance of *Coffea arabica* L. to *Hemileia vastatrix* Berk. et Br. **Agronomia Lusitana** (Portugal) v. 31 p. 285-292, 1969.

BETTENCOURT, A. J *et al.* Factor genético que condiciona a resistencia do clone 1343/269 “Híbrido de Timor” a *Hemileia vastatrix* Berk et Br. **Broteria genética**, v. 1, n. LXXVI, 1980.

BERTRAND, B. *et al.* Comparison of the effectiveness of fatty acids, chlorogenic acids, and elements for the chemometric discrimination of coffee (*Coffea arabica* L.) varieties and growing origins. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 56, n. 6, p. 2273-2280, 2008.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira. Café: primeiro levantamento janeiro/2019. Brasília, 2019. Disponível em: < <file:///D:/BoletimZCafeZjaneiroZ2019.pdf> >. Acesso em: 23 de janeiro, 2019.

CRUZ, C. D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013

FRANCCEDIL, F. *et al.* Performance of arabica coffee cultivars under high temperature conditions. **African Journal of Agricultural Research**, v. 8, n. 33, p. 4402-4407, 2013.

FERRÃO, M.A.G. *et al.* Técnicas de produção de café arábica: renovação e revigoramento das lavouras no estado do Espírito Santo (1ª edição). DCM - INCAPER, Vitória - ES. CIRCULAR TÉCNICA, 05, 2008. 56 p (INCAPER. CIRCULAR TÉCNICA 05-1).

FEITOZA, L.R. *et al.* Mapa das Unidades Naturais do Espírito Santo. EMCAPA, Vitória. Mapa na escala 1:400.000. Colorido. 1999.

GOULARTI, J.P.F.P. *et al.* Aspectos histoquímicos e morfológicos de grãos de café de diferentes qualidades. **Ciência Rural**, v. 37, n. 3, 2007.

IAL- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4 eds. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1020p., 2008. (versão Eletrônica).

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION – IOC. Disponível em: < <http://www.ico.org/> > Acesso em: jun.2018.

JESZKA-SKOWRON, M. *et al.* Chlorogenic acids, caffeine content and antioxidant properties of green coffee extracts: influence of green coffee bean preparation. **European Food Research and Technology**, v. 242, n. 8, p. 1403-1409, 2016.

KITZBERGER, C.S.G. *et al* Composição química de cafés arábica de cultivares tradicionais e modernas. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.48, n.11, p.1498-1506, 2013.

KUZNETSOVA, A., BROCKHOFF, P. B.; CHRISTENSEN, R. H. B. **ImerTest: Tests in Linear Mixed Effects Models**. R package version 2.0-33, 2016.

MACHADO, C. M. S. *et al.* Genetic diversity among 16 genotypes of *Coffea arabica* in the Brazilian cerrado. **Genetics and Molecular Research**, v. 16, n. 3, 2017.

MALTA, M. R. NOGUEIRA, F. DIAS., GUIMARÃES, P. T. G. Composição química, produção e qualidade do café fertilizado com diferentes fontes e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 6, p. 1246-1252, 2003.

MAZZAFERA, P.; SILVAROLLA, M. B. Caffeine content variation in single green Arabica coffee seeds. **Seed Science Research**, v. 20, n. 3, p. 163-167, 2010.

MOJENA, R. Hierarchical grouping methods and stopping rules: An evaluation. **The Computer Journal**, v. 20, n. 4, p. 359-363, 1977.

PEREIRA, Marcelo Cláudio. **Características químicas, físico-químicas e sensorial de genótipos de grãos de café (*Coffea arabica* L.)**. 2008. 114p. Tese - Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG.

PIMENTA, C. J. **Qualidade do café (*Coffea arabica* L.) originado de frutos colhidos em quatro estádios de maturação**. 1995. 94p. Dissertação – Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG.

PIMENTA, C. J. *et al.* Peso, acidez, sólidos solúveis, açúcares e compostos fenólicos em café (*Coffea arabica* L.), colhidos em diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Armazenamento** (Brasil)(Especial-Café no. 1) p. 23-30, 2000.

PRETE, C. E. C. **Condutividade elétrica do exsudato de grãos de café (*Coffea arabica* L.) e sua relação com a qualidade da bebida**. 1992. 125 p. Tese – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba-SP.

PRETE, C. E. C.; ABRAHÃO, J. T. M. Condutividade elétrica dos exsudatos de grãos de café (*Coffea arabica* L.) I Desenvolvimento da Metodologia. **SEMINA**, Londrina-PR, v. 16, n.1, p. 17-21, 1995.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**.

R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2018.

ROHLF, F. James. Esquemas de agrupamento hierárquico adaptativo. **Biologia Sistemática**, v. 19, n. 1, p. 58-82, 1970.

SCHOLZ, Maria Brigida dos Santos e cols. Validação de espectroscopia no infravermelho próximo para quantificação de cafestol e kahweol em café verde. **Food research international**, v. 61, p. 176-182, 2014.

SELMAR D, BYTOF G, KNOPP S. The storage of green coffee (*Coffea arabica*): decrease of viability and changes of potential aroma precursors. **Annals Botany**, v. 101, p. 31–38, 2008.

SILVA, Anderson Rodrigo da; DIAS, Carlos Tadeu dos Santos. A cophenetic correlation coefficient for Tocher's method. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 48, n. 6, p. 589-596, 2013.

SILVA, J. et al. A et al. Genetic diversity among coffee tree progenies Big Coffee VL based on growth traits and production. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 15, n. 4, p. 1-8, 2016.

SINGH, Kesar. Sobre a precisão assintótica do bootstrap de Efron. **Os Anais de Estatística**, p. 1187-1195, 1981.

VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C.; 1999. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI FC; VIEIRA RD; FRANÇA NETO JB (eds). Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES. cap.4. p.1-26.

VITORINO, M.D.; FRANÇA, A.S.; OLIVEIRA, L.S.; BORGES, M.L.A. Metodologias de obtenção de extrato de café visando a dosagem de compostos não voláteis. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v.26, p.17-24, 2001.

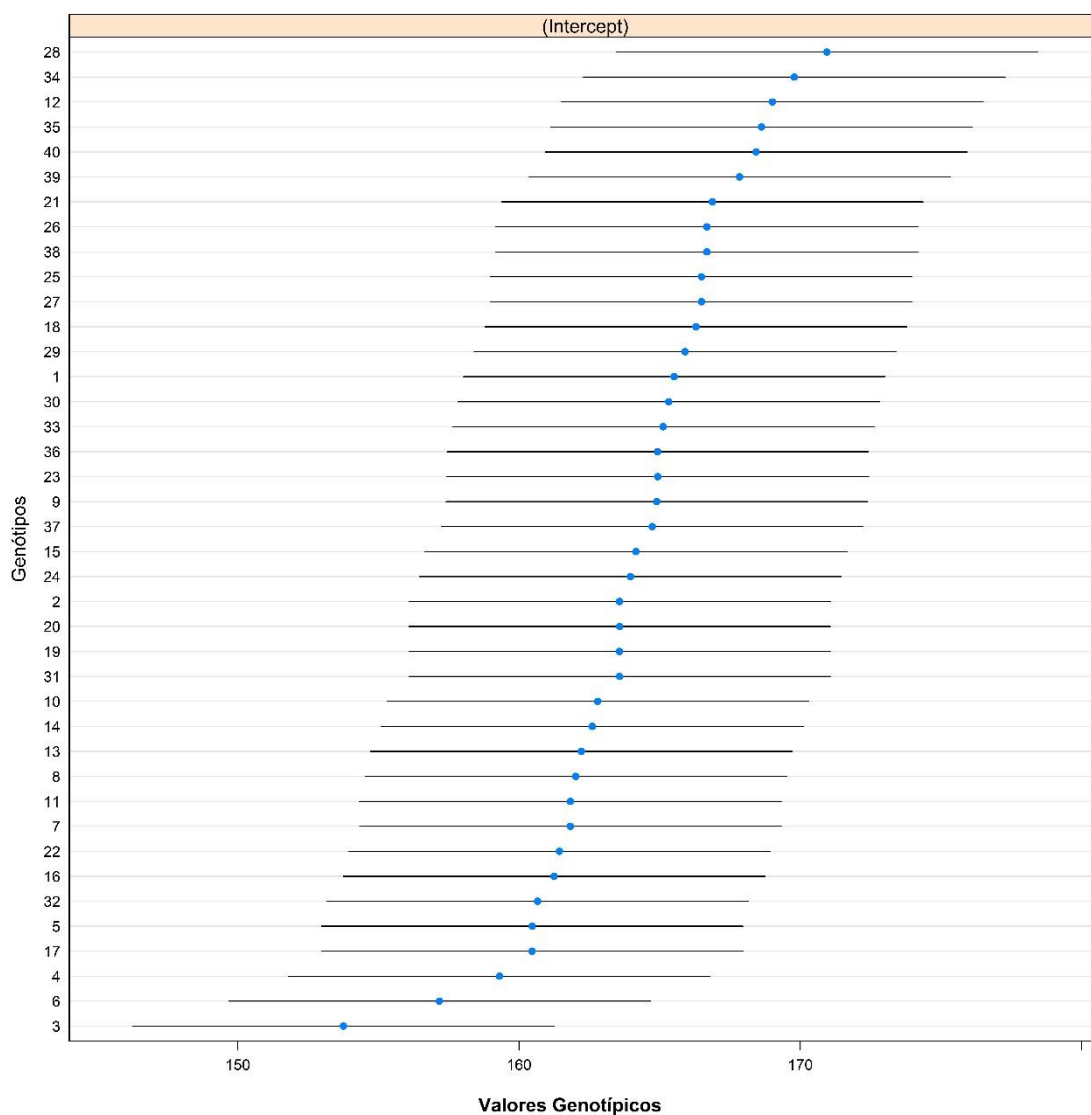
APÊNDICE

Tabela 1 - Componentes da Variância com base nos valores genotípicos preditos das variáveis acidez titulável total (ATT), condutividade elétrica (CE), lixiviação de potássio (LK), potencial hidrogeniônico (pH), trigonelina (TRIG), ácido clorogênico (ACCLO) e cafeína (CAF) de 40 genótipos de *Coffea arabica*, em duas formas de processamento de dois anos de colheita

Componentes	ATT			CE		
	σ	SD	<i>p-value</i>	σ	SD	<i>p-value</i>
A:G	121.19	11.00	2×10^{-16} ***	750.1	27.38	2×10^{-16} ***
G	26.37	5.13	0.02 *	984.2	31.37	5×10^{-14} ***
B	0.00	0.00		0.00	0.00	
Resíduos	29.94	5.47		104.2	10.21	
	LK			pH		
	σ	SD	<i>p-value</i>	σ	SD	<i>p-value</i>
A:G	172,1	13,12	2×10^{-16} ***	0,0038	0,0618	2×10^{-16} ***
G	195,3	13,97	2×10^{-12} ***	0,0018	0,0432	6×10^{-5} ***
B	0.00	0.00		0.00	0.00	
Resíduos	19,25	4,41		0,0020	0,0451	
	TRIG			ACCLO		
	σ	SD	<i>p-value</i>	σ	SD	<i>p-value</i>
A:G	0.041	0.203	2×10^{-16} ***	0.458	0.677	2×10^{-16} ***
G	0.003	0.062	0.2	0.219	0.467	2×10^{-5} ***
B	0.00	0.00		0.00	0.00	
Resíduos	0.005	0.072		0.075	0.274	
	CAF					
	σ	SD	<i>p-value</i>			
A:G	0.009	0.094	2×10^{-16} ***			
G	0.005	0.069	4×10^{-5} ***			
B	0.00	0.00				
Resíduos	0.006	0.077				

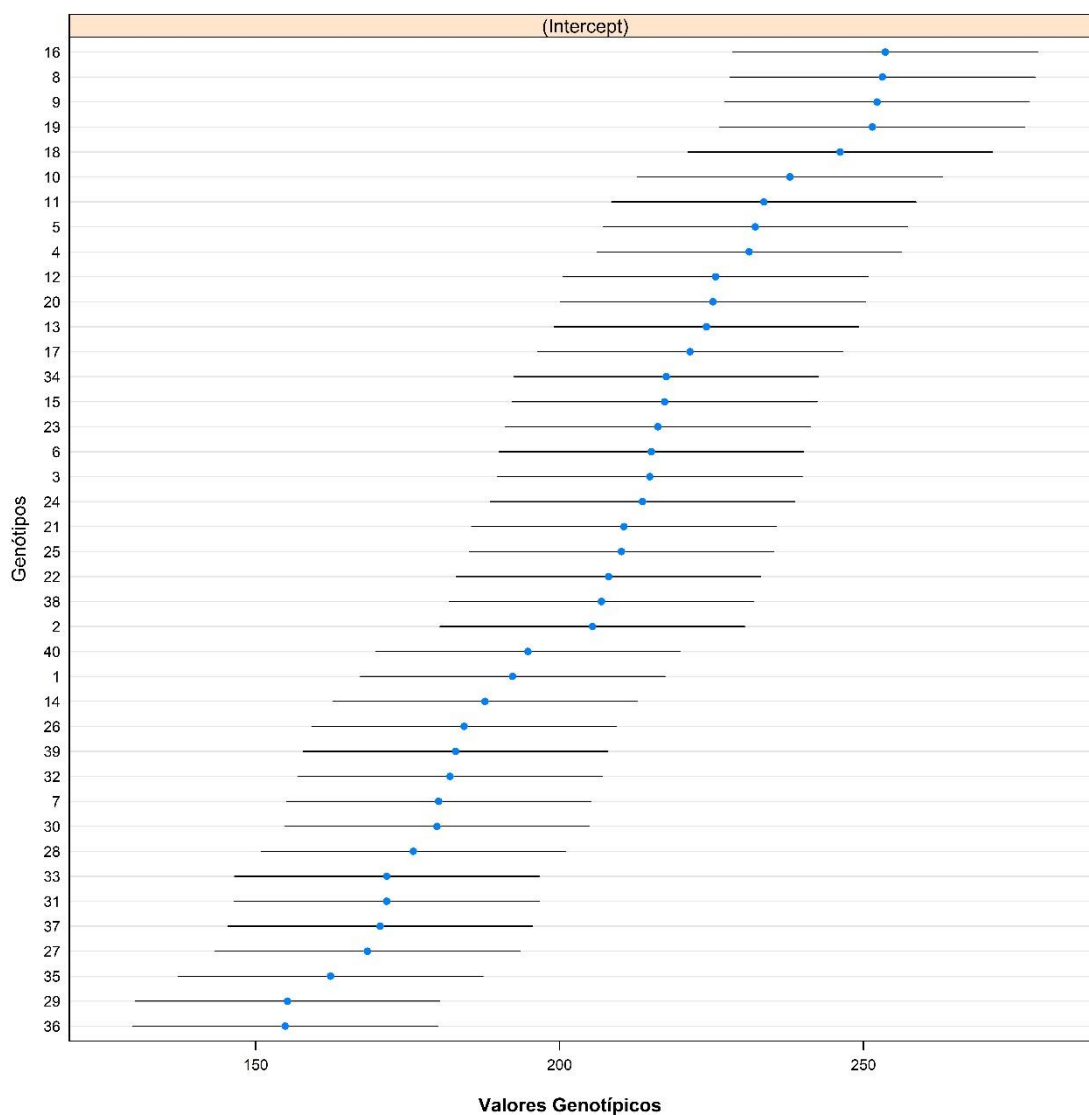
Efeito aleatório significativo ($p\text{-value} < 0$ '****' e $p\text{-value} < 0.01$ '**') para os componentes da variância do modelo, pelo teste da razão de verossimilhança (Qui-quadrado); σ : variância ; SD: desvio padrão; A:G :Ambientes : Genótipos ; G: Genótipos; B: Blocos.

Figura 1 - Ordenamento de 40 genótipos de *Coffea arabica*, em duas formas de processamento de dois anos de colheita com base nos valores genotípicos preditos e seus intervalos de confiança para acidez titulável total (ATT)



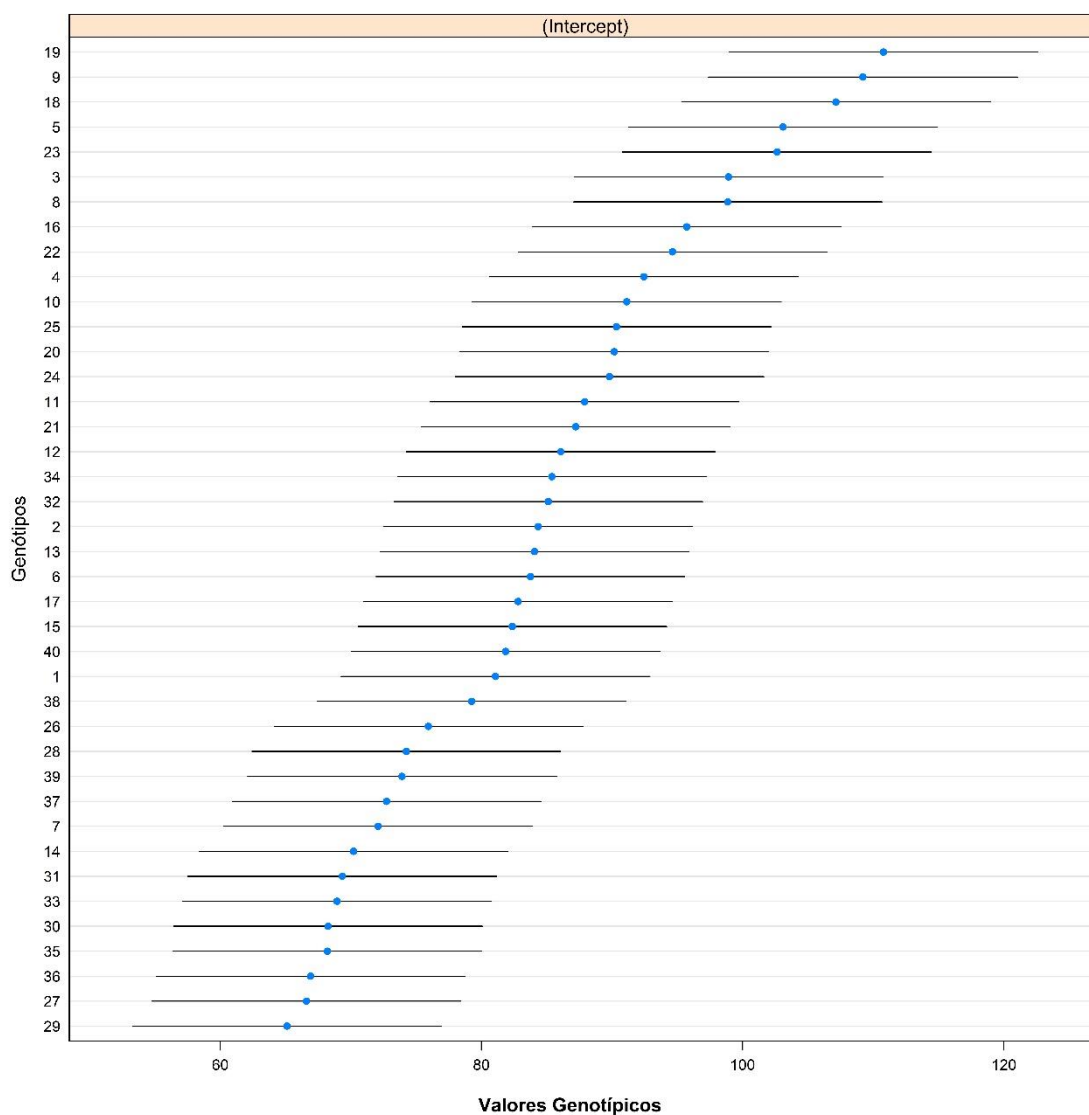
Fonte: o autor, Alegre - ES, 26 de fevereiro de 2019.

Figura 2 - Ordenamento de 40 genótipos de *Coffea arabica*, em duas formas de processamento de dois anos de colheita com base nos valores genotípicos preditos e seus intervalos de confiança para Condutividade elétrica (CE).



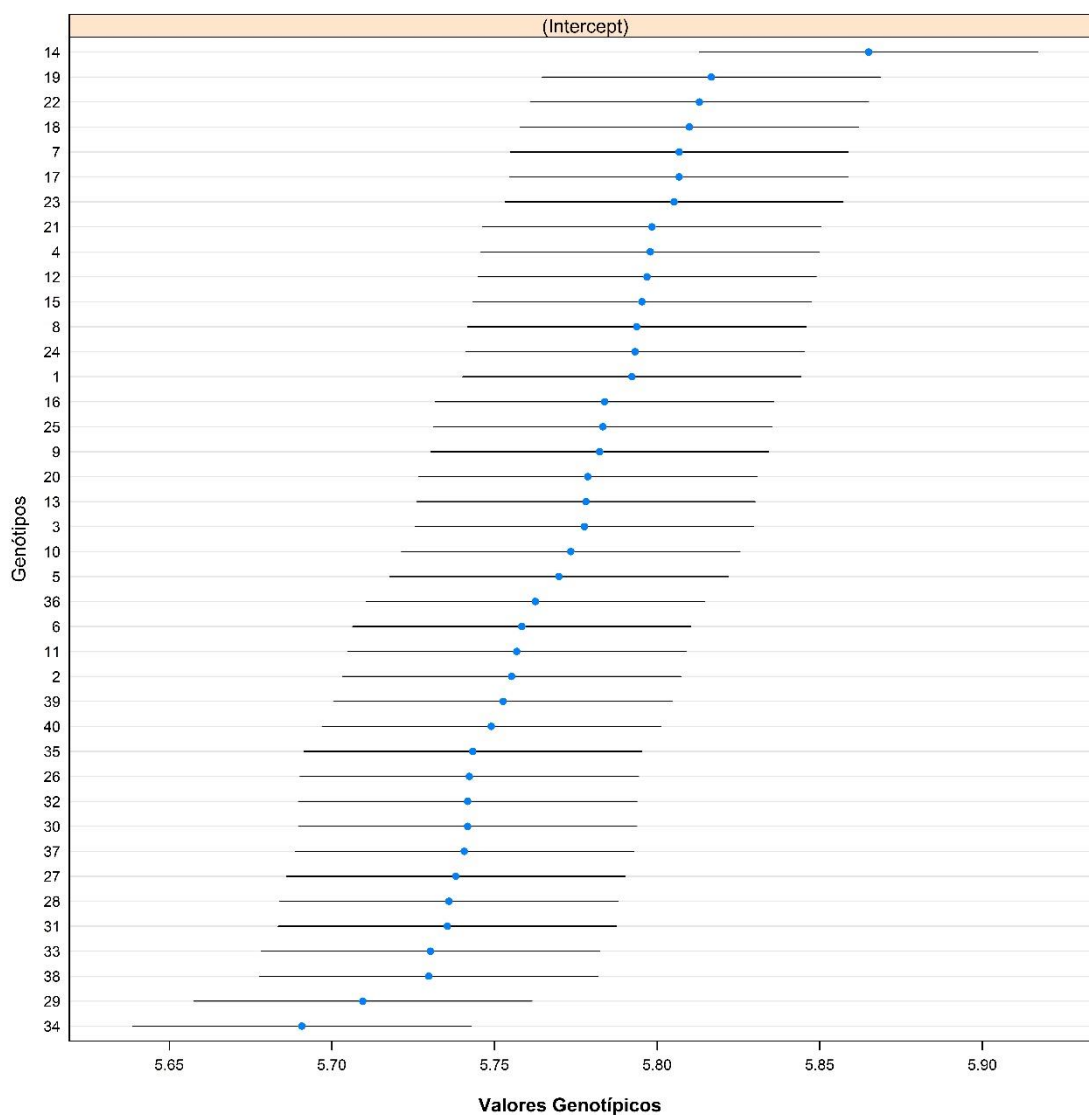
Fonte: o autor, Alegre - ES, 26 de fevereiro de 2019.

Figura 3 - Ordenamento de 40 genótipos de *Coffea arabica*, em duas formas de processamento de dois anos de colheita com base nos valores genotípicos preditos e seus intervalos de confiança para Lixiviação de potássio (LK)



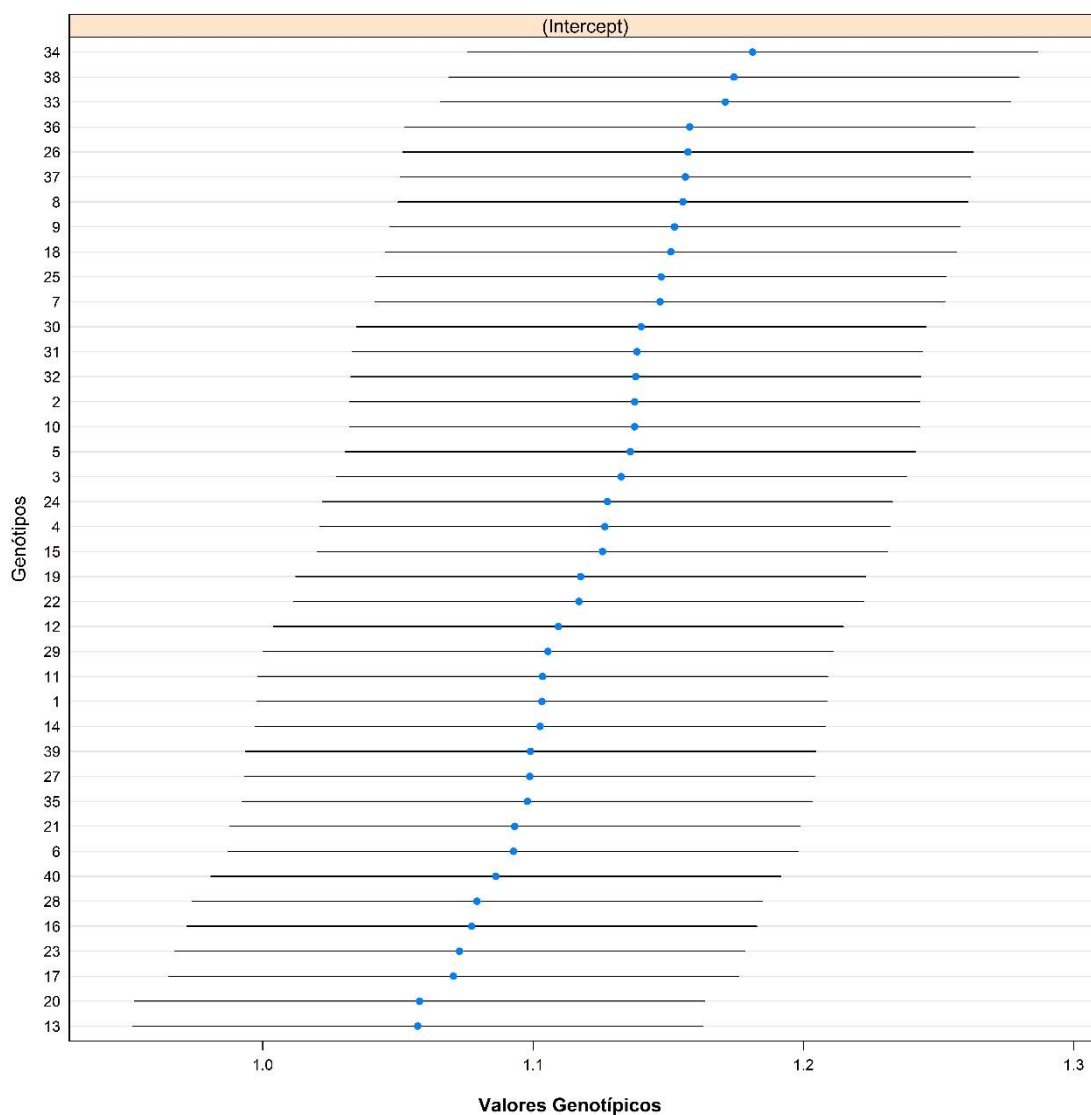
Fonte: o autor, Alegre - ES, 26 de fevereiro de 2019.

Figura 4 - Ordenamento de 40 genótipos de *Coffea arabica*, em duas formas de processamento de dois anos de colheita com base nos valores genotípicos preditos e seus intervalos de confiança para potencial hidrogeniônico (pH)



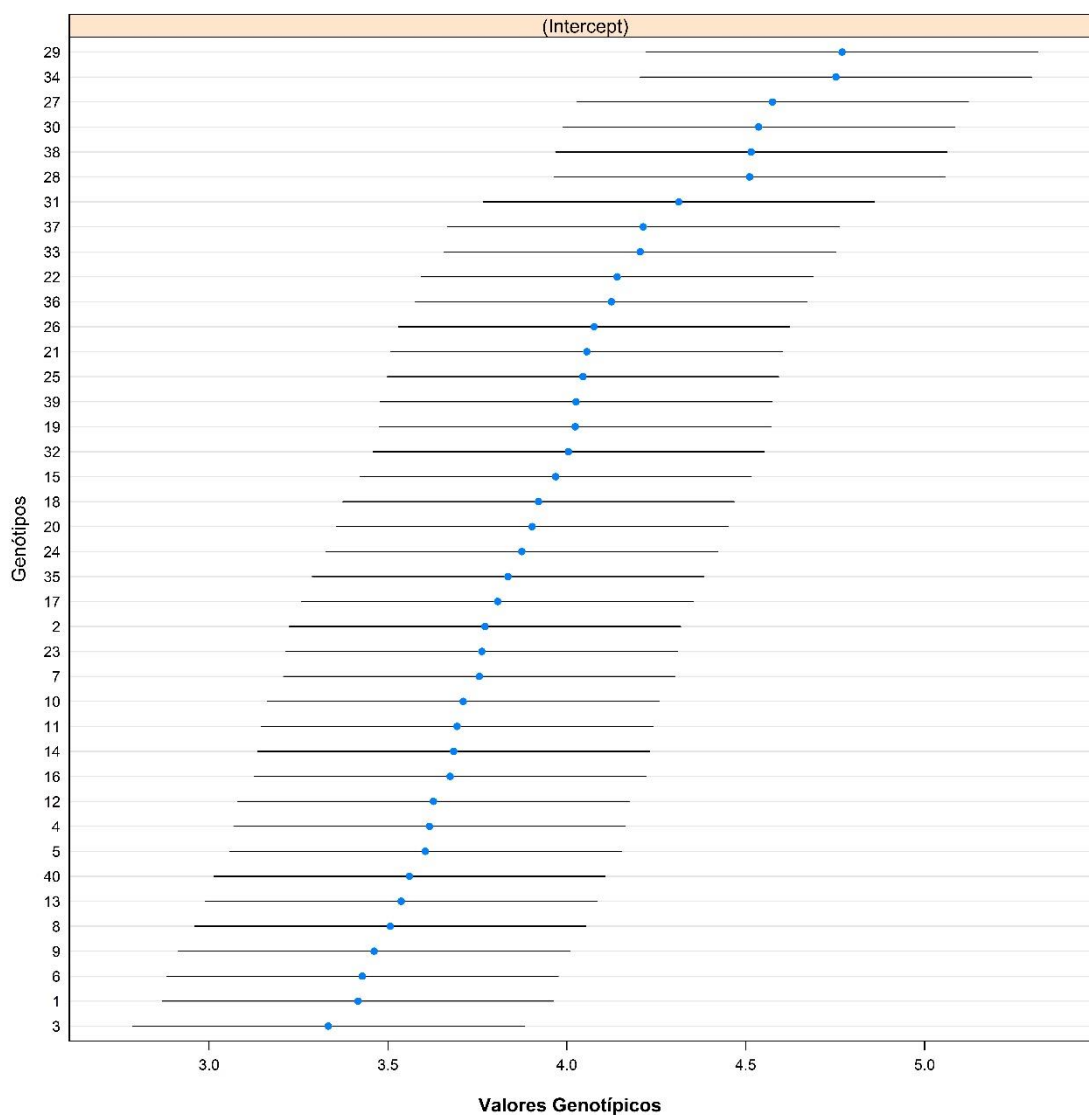
Fonte: o autor, Alegre - ES, 26 de fevereiro de 2019.

Figura 5 - Ordenamento de 40 genótipos de *Coffea arabica*, em duas formas de processamento de dois anos de colheita com base nos valores genotípicos preditos e seus intervalos de confiança para trigonelina (TRIG)



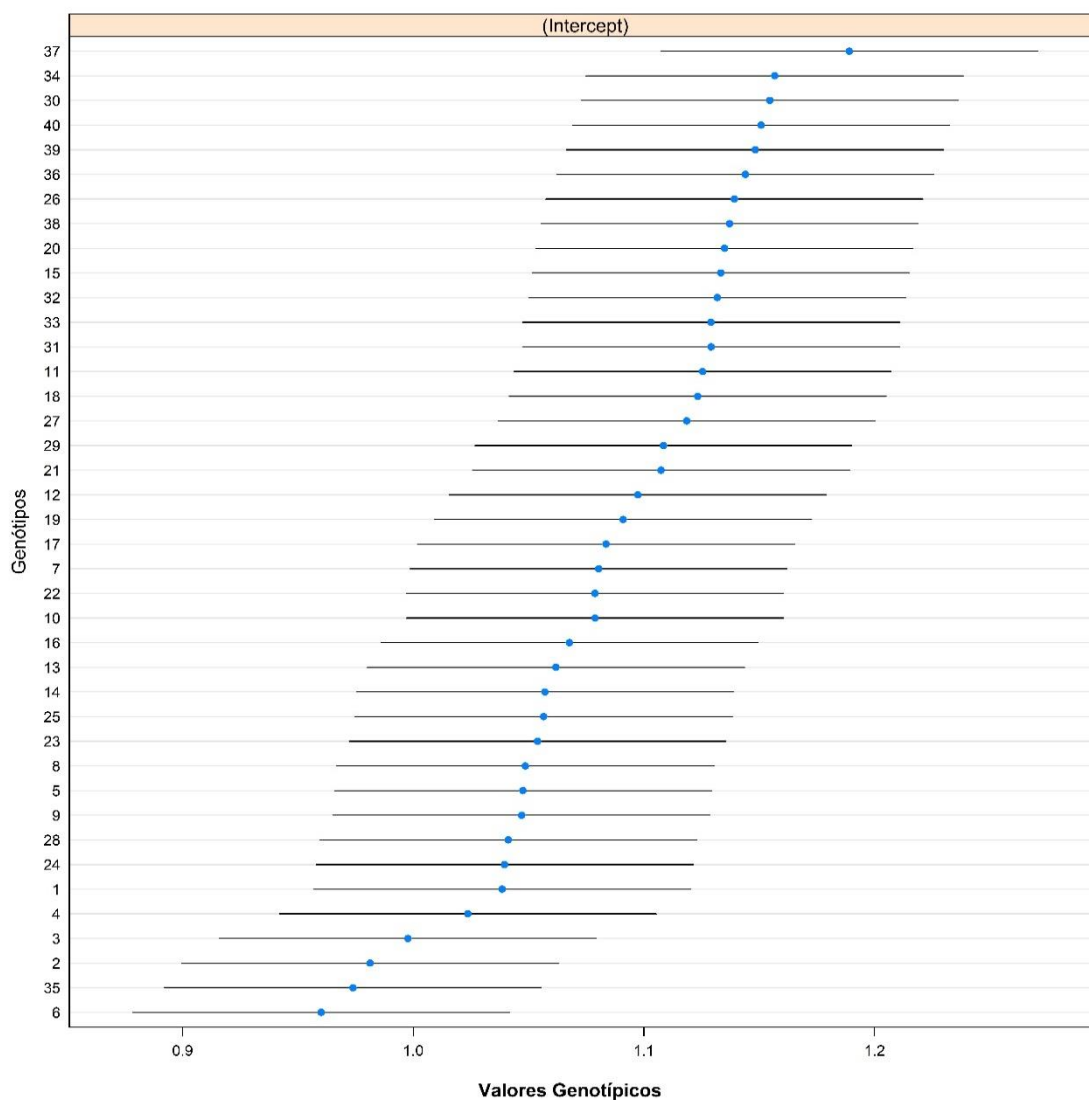
Fonte: o autor, Alegre - ES, 26 de fevereiro de 2019.

Figura 6 - Ordenamento de 40 genótipos de *Coffea arabica*, em duas formas de processamento de dois anos de colheita com base nos valores genotípicos preditos e seus intervalos de confiança para ácido clorogênico (ACCLO)



Fonte: o autor, Alegre - ES, 26 de fevereiro de 2019.

Figura 7 - Ordenamento de 40 genótipos de *Coffea arabica*, em duas formas de processamento de dois anos de colheita com base nos valores genotípicos preditos e seus intervalos de confiança para Cafeína (CAF)



Fonte: o autor, Alegre - ES, 26 de fevereiro de 2019.

Tabela 2 – Matriz de distância euclidianas medias dos 40 genótipos de *Coffea arabica* a partir dos valores genotípicos preditos (BLUP) das variáveis físico-químicas analisadas

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	31									
3	75	51								
4	92	61	43							
5	102	73	45	24						
6	59	31	36	40	58					
7	35	62	101	121	133	83				
8	141	110	88	51	47	91	171			
9	146	118	93	63	49	102	179	25		
10	104	74	62	20	31	56	134	38	52	
11	94	63	56	16	35	44	122	50	64	13
12	76	50	63	38	50	46	107	71	79	35
13	72	43	49	28	47	26	100	72	84	35
14	31	51	93	109	123	71	18	158	167	120
15	57	29	52	43	59	25	85	88	98	50
16	140	110	90	52	51	90	170	11	33	37
17	68	39	47	33	52	20	94	79	92	42
18	133	105	84	54	40	92	166	29	17	42
19	147	118	91	64	48	102	179	29	12	54
20	78	49	47	25	37	36	108	66	74	30
21	48	26	54	55	64	38	78	99	104	63
22	53	32	36	55	59	36	80	101	104	68
23	75	52	43	48	42	52	106	83	82	57
24	56	31	44	47	55	32	85	91	97	56
25	51	31	52	56	62	41	81	99	103	64
26	32	56	97	114	124	79	27	161	167	124
27	66	94	134	153	164	116	38	201	208	164
28	50	77	119	136	145	103	38	182	187	145
29	93	121	158	181	191	143	63	229	235	192
30	49	72	113	129	142	92	27	177	184	139

31	60	86	123	144	155	106	32	192	199	155
32	42	60	87	113	120	78	39	161	165	126
33	62	87	126	145	156	108	34	193	200	156
34	67	47	68	56	66	50	95	91	97	57
35	80	108	147	167	177	131	54	214	220	177
36	94	122	158	181	191	144	65	229	235	192
37	63	89	125	146	156	110	38	194	200	157
38	49	39	73	74	86	50	69	116	124	80
39	46	67	107	122	133	89	38	168	174	131
40	41	47	84	96	104	68	55	139	144	103

Continua

Tabela 2 – Matriz de distância euclidiana média dos 40 genótipos de *Coffea arabica* a partir dos valores genotípicos preditos (BLUP) das variáveis físico-químicas analisadas

Continuação ...

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
12	29									
13	23	23								
14	108	93	86							
15	39	26	17	71						
16	48	70	70	156	86					
17	30	31	10	79	15	77				
18	54	66	72	153	85	34	79			
19	65	81	84	167	98	34	91	16		
20	21	22	16	94	25	64	21	60	73	
21	53	35	34	66	21	98	33	90	104	34
22	59	51	43	71	35	100	39	90	102	40
23	53	46	46	96	46	85	48	67	79	35
24	47	35	29	73	21	90	27	82	95	26
25	55	39	38	69	27	98	36	88	101	35
26	113	95	91	23	75	159	85	153	166	96

27	152	134	130	47	114	199	124	193	207	136
28	135	114	113	41	96	181	108	172	186	117
29	181	163	158	74	142	227	152	221	234	164
30	128	110	105	25	89	174	99	170	183	112
31	144	127	121	39	105	190	114	185	198	127
32	115	102	94	40	80	160	87	151	163	97
33	144	127	122	41	106	191	115	185	199	128
34	49	29	35	80	27	88	36	82	96	31
35	166	147	144	63	128	213	138	205	219	149
36	181	164	159	76	143	227	152	221	234	164
37	146	129	123	45	108	192	117	185	198	128
38	69	52	49	54	34	113	44	109	122	52
39	120	102	98	33	82	166	92	159	173	102
40	93	74	72	44	57	137	68	128	142	74

Continua

Tabela 2 – Matriz de distância euclidianas medias dos 40 genótipos de *Coffea arabica* a partir dos valores genotípicos preditos (BLUP) das variáveis físico-químicas analisadas

Continuação ...

	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
22	25									
23	37	28								
24	13	18	29							
25	8	20	30	11						
26	63	68	92	72	65					
27	104	108	132	112	106	41				
28	84	90	111	93	85	24	27			
29	132	134	158	140	133	68	29	52		
30	81	86	111	89	83	21	26	24	55	
31	96	98	123	103	98	34	14	28	38	19
32	67	62	86	71	66	29	54	43	76	40
33	96	100	124	104	98	33	12	25	37	18

34	22	41	42	25	24	77	117	96	145	92
35	116	120	143	125	118	53	18	35	20	41
36	132	133	157	139	133	69	32	53	9	55
37	97	98	122	104	98	34	18	25	38	24
38	26	41	58	33	29	51	89	71	118	64
39	70	77	99	79	72	15	38	22	65	18
40	42	50	69	50	42	31	69	48	96	47

Continua

Tabela 2 – Matriz de distância euclidianas medias dos 40 genótipos de *Coffea arabica* a partir dos valores genotípicos preditos (BLUP) das variáveis físico-químicas analisadas

Continuação ...

	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
32	43									
33	5	45								
34	109	83	109							
35	28	64	24	128						
36	38	74	37	145	20					
37	10	41	9	109	24	36				
38	81	59	81	30	101	117	82			
39	31	35	29	81	48	64	30	54		
40	61	39	60	51	79	95	59	28	32	