

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

TAFAREL VICTOR COLODETTI

**BIOMETRIA, PRODUTIVIDADE E FOTOSÍNTESE DE GENÓTIPOS DE *Coffea*
canephora SELECIONADOS PARA QUALIDADE DE BEBIDA**

ALEGRE-ES

2019

TAFAREL VICTOR COLODETTI

**BIOMETRIA, PRODUTIVIDADE E FOTOSSÍNTESE DE GENÓTIPOS DE *Coffea*
canephora SELECIONADOS PARA QUALIDADE DE BEBIDA**

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

Orientador: D. Sc. Marcelo Antonio Tomaz.

ALEGRE-ES

2019

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

Colodetti, Tafarel Victor, 1990-
C718b Biometria, produtividade e fotossíntese de genótipos de *Coffea canephora*
selecionados para qualidade de bebida / Tafarel Victor Colodetti. - 2019.
114 f. : il.

Orientador: Marcelo Antonio Tomaz.

Coorientadores: Paulo Cezar Cavatte, José Francisco Teixeira do Amaral.

Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias.

1. Cafeicultura. 2. Biometria. 3. Fotossíntese. 4. Interação genótipo-ambiente. 5. Produtividade. 6. Água na agricultura. I. Tomaz, Marcelo Antonio. II. Cavatte, Paulo Cezar. III. Amaral, José Francisco Teixeira do. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. V. Título.

CDU: 63

TAFAREL VICTOR COLODETTI

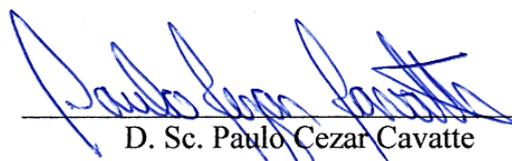
**BIOMETRIA, PRODUTIVIDADE E FOTOSSÍNTESE DE GENÓTIPOS DE *Coffea*
canephora SELECIONADOS PARA QUALIDADE DE BEBIDA**

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

Aprovada em 19 de dezembro de 2019.



D. Sc. Marcelo Antonio Tomaz
CCAEE-UFES (Orientador)



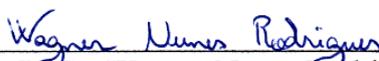
D. Sc. Paulo Cezar Cavatte
CCAEE-UFES (Coorientador)



D. Sc. José Francisco Teixeira do Amaral
CCAEE-UFES (Coorientador)



D. Sc. Giovanni de Oliveira Garcia
CCAEE-UFES



D. Sc. Wagner Nunes Rodrigues

INCAPER

*A meu pai Rafael, minha mãe Magna, meu irmão
Rafael, minha esposa Tayla e a todos os eternos
amigos.*

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus todo Poderoso, pelo dom da vida e infinitas graças derramadas.

Ao Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUE-UFES) e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal pela oportunidade de cursar o doutorado nesta instituição.

A Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo pela concessão da bolsa de doutorado (Termo de Outorga 446/2016) e taxa de pesquisa (Termo de Outorga 447/2016), fundamentais para realização deste trabalho.

Ao D. Sc. Marcelo Antonio Tomaz, professor do Departamento de Agronomia do CCAUE-UFES, pela orientação, compreensão, estímulo, confiança e, sobretudo, amizade e respeito.

Ao D. Sc. Paulo Cezar Cavatte, professor do Departamento de Biologia do CCAUE-UFES, pela coorientação, grandioso auxílio metodológico e parceria de sempre.

Ao D. Sc. José Francisco Teixeira do Amaral, professor do Departamento de Engenharia Rural do CCAUE-UFES, pela coorientação, confiança e parceria de sempre.

Ao D. Sc. Giovanni de Oliveira Garcia, professor do Departamento de Engenharia Rural do CCAUE-UFES, pela atenção, grandiosa ajuda e prestativa participação na banca de defesa.

Ao D. Sc. Wagner Nunes Rodrigues do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER) pela participação imensurável e imprescindível na realização deste trabalho, assim como a amizade de sempre.

Agradeço imensamente as pessoas que participaram e me ajudaram a conduzir os trabalhos, mas acima de tudo, me presentearam com uma infinita e sincera amizade. São eles: Abraão Carlos Verdin Filho, Bruno Fardim Christo, Lima Deleon Martins, Roberto Mauri Marques, Saul de Andrade Júnior, Sebastião Vinícius Batista Brinate e Wagner Nunes Rodrigues. Muito obrigado!

Agradeço de coração a meus pais e irmão por disponibilizarem a área para o campo experimental e, com muito zelo e respeito, cuidar do cafeeiro por todo esse tempo. Muito obrigado! Sem vocês, nada teria sido possível!

Agradeço com todo o meu coração à minha família, pelo apoio, preocupação, ajuda, compreensão, conforto, amor e carinho, dado ao longo de toda a minha vida. Agradeço e homenageio meu pai Rafael Arcanjo Colodetti, minha mãe Magna Delesposte Revieri Colodetti, meu irmão Rafael Arcanjo Colodetti Júnior, meus avôs Hilto Revieri e Venâncio Colodetti (*in memoriam*) e minhas avós Angelina Facini Colodetti e Josenir Delesposte Revieri.

Agradeço a todos os meus familiares e amigos!

Agradeço de modo especial à minha esposa Tayla Picoli Simonato Colodetti, pela paciência, compreensão, companheirismo, grande ajuda nas avaliações, carinho e amor.

*“Louvado seja o Senhor
Pela semente que brota
No solo quente e fecundo
Depois a flor desabrocha
Tão bela e farta colheita
Tão merecido alimento
Todo carinho com a terra
Retribuído em sustento!”.*

(Canto Louvado seja o Senhor, Editora Paulus).

BIOGRAFIA

Tafarel Victor Colodetti, filho de Rafael Arcanjo Colodetti e Magna Delesposte Revieri Colodetti, nascido em Castelo, Sul do Estado do Espírito Santo, em 09 de janeiro de 1990. Coursou o ensino fundamental em Estrela do Norte, município de Castelo, na escola municipal de 1º grau Delza Frasson, onde atuou no programa “Amigos da Escola”. Coursou o ensino médio na escola estadual Emílio Nemer, cidade de Castelo. No primeiro semestre de 2009, ingressou no curso de graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUE-UFES). Durante a graduação, participou como bolsista de projetos de extensão (ProEx) e de iniciação científica (PIBIC). Em fevereiro de 2014, recebeu o título de Engenheiro Agrônomo e ingressou em março do mesmo ano no Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do CCAUE-UFES, onde cursou o Mestrado em Produção Vegetal, tendo defendido a Dissertação em 18 de fevereiro de 2016. Em março deste mesmo ano, iniciou o curso de Doutorado em Produção Vegetal no referido Programa de Pós-Graduação, tendo defendido sua Tese em 19 de dezembro de 2019.

RESUMO

O estudo de características biométricas e produtivas do cafeeiro tem sido útil no processo de seleção de genótipos superiores, tendo em vista a crescente demanda por cultivares adaptadas às mais diferentes condições de cultivo, contribuindo para o aumento da competitividade e sustentabilidade da cafeicultura. Além disso, é possível que uma ampla gama de descritores relacionados às características agronômicas, aspectos da produtividade, desempenho fotossintético, morfologia de frutos e uso da água na produção possam ser empregados para o estudo da variabilidade entre genótipos de cafeeiros. Nesse sentido, o objetivo central deste estudo foi analisar a biometria, a produtividade e a fotossíntese de genótipos de *Coffea canephora* selecionados para qualidade de bebida, tendo como base um campo experimental com 27 genótipos de cafeeiro Conilon (três cultivares clonais com nove genótipos cada), seguindo delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições, conduzido no município de Castelo-ES, a uma altitude de 126 m, empregando espaçamento de $3,0 \times 1,0$ m. No primeiro capítulo foi analisada a variabilidade para características agronômicas e produtividade dos 27 genótipos de *C. canephora*. Foram avaliadas 15 características relacionadas à arquitetura da copa, biometria dos ramos plagiotrópicos, classificação dos grãos e rendimento médios apresentados entre as safras produtivas. Em cada uma das quatro primeiras colheitas, avaliou-se a produtividade de cada genótipo. Com isso, foi possível observar a expressão da variabilidade entre os genótipos de cafeeiro Conilon para as características avaliadas. Houve maior formação de grupos entre os genótipos com base no rendimento, na classificação de grãos, na altura da copa, no comprimento de internódios do ramo plagiotrópico e no acúmulo total de massa seca por ramo plagiotrópico. Os genótipos 108 e 201 foram os mais produtivos, considerando a média das quatro colheitas, com destaque para o genótipo 201, devido a menor amplitude de variação da produtividade, demonstrando maior estabilidade ao longo do tempo. Em contrapartida, os genótipos 203 e 307 foram os menos produtivos, enquanto o genótipo 106 apresentou a maior amplitude de produção em relação às colheitas. No segundo capítulo foi analisada a variabilidade do desempenho fotossintético dos 27 genótipos de cafeeiro Conilon, por meio da mensuração das trocas gasosas e teores de clorofila no horário mais favorável à atividade fotossintética das plantas (entre 8 e 11 horas da manhã), durante diferentes etapas do seu ciclo reprodutivo: florescimento, chumbinho, granação e maturação dos frutos. Assim, o desempenho fotossintético foi expresso como a média (ponderada pelo número de dias) das trocas gasosas e teores de clorofila amostradas no período matutino e nos referidos estádios fenológicos da safra 2017/2018. Com isso, foi possível verificar a variabilidade entre os 27

genótipos para o desempenho fotossintético do ciclo reprodutivo. Das características fisiológicas, a taxa de assimilação de carbono, a condutância estomática e a taxa de transpiração se destacaram como parâmetros para estudo da variabilidade, principalmente devido às contribuições no agrupamento dos genótipos. O genótipo 108 se destacou por apresentar elevada taxa fotossintética associada a maiores teores de clorofila, bem como razoável eficiência de uso da água; e os genótipos 205, 206 e 305 pelos resultados em termos de eficiência instantânea de carboxilação, de uso da água e assimilação de carbono. No terceiro capítulo, buscou-se avaliar as características e dimensões dos frutos dos 27 genótipos de cafeeiro Conilon, bem como o uso dessas informações no estudo da variabilidade entre os genótipos. Entre os meses de maio e agosto de 2018, foram coletadas amostras de frutos de cada genótipo no estágio de maturação para avaliação de 15 características relacionadas às dimensões e distribuições de massa das estruturas dos frutos maduros e sementes. Das características analisadas, o comprimento longitudinal, a massa seca total e o comprimento transversal menor dos frutos desempenharam papel fundamental no estudo da variabilidade e na definição dos agrupamentos entre os genótipos. No geral, o genótipo 208 apresentou maiores comprimentos principais dos frutos, bem como maior área superficial, volume unitário, teor de sólidos solúveis totais e massa seca total dos frutos, além de maior relação de massa alocada nos grãos. O genótipo 302 apresentou resultados contrários ao observado para o genótipo 208. Por fim, no quarto capítulo, objetivou-se avaliar a eficiência produtiva dos 27 genótipos de *C. canephora* considerando a quantidade de água disponibilizada ao longo dos ciclos produtivos. Em cada safra foi contabilizada a quantidade de água adicionada no campo experimental por meio da irrigação e da precipitação. Após cada colheita dos frutos, calculou-se a produtividade de café beneficiado de cada genótipo e, ao dividir a produção de café de cada genótipo em cada safra pela quantidade de água disponibilizada para aquela produção, obteve-se a eficiência de produção de café beneficiado em função da quantidade de água disponibilizada. Houve comportamento diferencial entre os 27 genótipos para a eficiência de produção em cada colheita, bem como diferenças significativas na eficiência entre os anos de colheitas para a maioria dos genótipos. Os genótipos 108 e 201 se destacaram por apresentar, em média, as maiores eficiências, enquanto os genótipos 203 e 307 se destacam pelas menores. O genótipo 102 não variou significativamente a eficiência de produção ao longo das safras, sendo considerado o mais estável entre os genótipos avaliados. No atual cenário climático das regiões onde a cafeicultura é desenvolvida, o estudo do comportamento dos genótipos de cafeeiro Conilon para a eficiência produtiva surge como ferramenta para contribuir na seleção de genótipos com maior aproveitamento da água disponibilizada.

Palavras-chave: Biometria. Cafeeiro Conilon. Genótipos. Produção. Uso da água. Variabilidade genética.

ABSTRACT

The study of biometric characteristics and crop yield of coffee has been useful for the process of selecting superior genotypes, due to the increasing demand for cultivars adapted to the most different cultivation conditions, contributing to the increase of competitiveness and sustainability of coffee crops. In addition, it is possible that a wide range of descriptors related to agronomic traits, aspects of the crop yield, photosynthetic performance, fruit morphology and water use for production can be used to study the variability among coffee genotypes. In this context, the main objective of this study was to analyze the biometrics, crop yield and photosynthesis of genotypes of *Coffea canephora*, selected for beverage quality, based on an experimental field with 27 genotypes of Conilon coffee (three clonal cultivars with nine genotypes each), following a randomized block design, with four replications, cultivated in the municipality of Castelo-ES, at an altitude of 126 m, using spacing of 3.0×1.0 m. In the first chapter, the variability for agronomic traits and crop yield of the 27 genotypes of *C. canephora* was analyzed. Fifteen characteristics related to canopy architecture, biometry of plagiotropic branches, classification of grains and mean yield along harvests were evaluated. In each harvest, the yield of each genotype was evaluated. With the results, it was possible to observe the expression of variability among the genotypes of Conilon coffee for the evaluated traits. There was a greater number of groups formed among genotypes based on the crop yield, classification of grains, canopy height, length of internodes of the plagiotropic branch, and total accumulation of dry mass per plagiotropic branch. The genotypes 108 and 201 were the most productive, considering the average of four harvests, highlighting the genotype 201 due to the smaller variation of crop yield, demonstrating greater stability over time. In contrast, the genotypes 203 and 307 were the least productive, while the genotype 106 presented the larger amplitude of production along harvests. In the second chapter, the variability for photosynthetic performance of the 27 genotypes of Conilon coffee was analyzed, by measuring the gas exchange rates and chlorophyll contents at the period most favorable for the photosynthetic activity of the plants (between 8 and 11 a.m.), during different stages of the reproductive cycle: flowering, fruit initiation (pellet-like berry), grain formation and fruit maturation. The photosynthetic performance was expressed as the average (weighted by the number of days) of the gas exchanges and chlorophyll contents sampled in the morning period and in the referred phenological stages of the 2017/2018 crop. With this, it was possible to verify the variability among the 27 genotypes for photosynthetic performance for the reproductive cycle. Among the physiological traits, the carbon assimilation rate, the stomatal conductance and the transpiration

rate are highlighted as parameters for the study of variability, mainly due to their contributions to clustering the genotypes. The genotype 108 stood out for a high photosynthetic rate associated with higher chlorophyll contents, as well as reasonable water use efficiency; and the genotypes 205, 206 and 305 for the results in terms of instantaneous carboxylation efficiency, water use and carbon assimilation. In the third chapter, the objective was to evaluate the characteristics and dimensions of the fruit of the 27 Conilon coffee genotypes, as well as to assess the use of this information to study the variability among genotypes. Between the months of May and August 2018, samples of fruits from each genotype were harvested at the stage of maturation to evaluate 15 traits related to the dimensions and mass distributions of structures of ripe fruits and seeds. Among the analyzed traits, the longitudinal length, the total dry mass and the smaller transverse length of the fruits played a fundamental role in the study of variability and in the definition of clusters among genotypes. Overall, the genotype 208 presented fruits with larger main lengths, as well as larger surface area, unitary volume, total content of soluble solids and total dry mass of the fruits, in addition to a higher mass ratio allocated in the grains. The genotype 302 presented contrary results to those observed for the genotype 208. Lastly, in the fourth chapter, the objective was to evaluate the productive efficiency of the 27 genotypes of *C. canephora* considering the amount of water made available along the productive cycles. During each cycle, the amount of water added to the experimental field through irrigation and precipitation was accounted. After each harvest of the fruits, the crop yield of processed coffee for each genotype was calculated and, by dividing the coffee production of each genotype after each harvest by the amount of available water for that cycle, the efficiency of the production in function of the amount of available water was obtained. There was differential behavior among the 27 genotypes for production efficiency in each cycle, as well as significant differences in efficiency along the years for most genotypes. The genotypes 108 and 201 stood out for presenting, on average, the highest efficiencies, while genotypes 203 and 307 stand out for the lowest. The genotype 102 did not significantly change the production efficiency along cycles, being elected as the most stable among the genotypes. In the current climatic scenario of the regions where coffee is cultivated, the study of the behavior of genotypes of Conilon coffee for productive efficiency arises as a tool to contribute in the selection of genotypes with greater capacity to use the available water.

Keywords: Biometry. Conilon coffee. Genotypes. Crop yield. Water use. Genetic variability.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	16
OBJETIVO GERAL	20
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
REFERÊNCIAS.....	21
CAPÍTULO 1	28
VARIABILIDADE PARA CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E PRODUTIVIDADE DE GENÓTIPOS MELHORADOS DE <i>Coffea canephora</i> NO SUL DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO	28
RESUMO.....	28
ABSTRACT	28
INTRODUÇÃO.....	29
MATERIAL E MÉTODOS.....	31
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
CONCLUSÕES	45
REFERÊNCIAS	46
CAPÍTULO 2.....	53
VARIABILIDADE DO DESEMPENHO FOTOSSINTÉTICO DE GENÓTIPOS DE <i>Coffea canephora</i> MELHORADOS PARA QUALIDADE DE BEBIDA E PRODUTIVIDADE	53
RESUMO.....	53
ABSTRACT	54
INTRODUÇÃO.....	54
MATERIAL E MÉTODOS.....	56
RESULTADOS	59
DISCUSSÃO	67
CONCLUSÕES	70

REFERÊNCIAS	70
CAPÍTULO 3	75
EXPRESSÃO DE VARIABILIDADE PARA BIOMETRIA DE FRUTOS MADUROS DE GENÓTIPOS DE <i>Coffea canephora</i>.....	75
RESUMO.....	75
ABSTRACT	76
INTRODUÇÃO.....	76
MATERIAL E MÉTODOS.....	78
RESULTADOS	82
DISCUSSÃO	89
CONCLUSÕES	91
REFERÊNCIAS	92
CAPÍTULO 4	96
EFICIÊNCIA PRODUTIVA DE GENÓTIPOS DE <i>Coffea canephora</i> EM RELAÇÃO À QUANTIDADE DE ÁGUA DISPONIBILIZADA	96
RESUMO.....	96
ABSTRACT	96
INTRODUÇÃO.....	97
MATERIAL E MÉTODOS.....	98
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	102
CONCLUSÕES	109
REFERÊNCIAS	109
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	114

INTRODUÇÃO GERAL

A cafeicultura é uma atividade fundamental para o desenvolvimento social e econômico do Brasil, destacando-se no seguimento agropecuário em termos de uso de mão de obra, fixação do homem no campo, geração de empregos, obtenção de divisas externas e arrecadação de impostos. As espécies *Coffea arabica* Lineu (cafeeiro Arábica) e *C. canephora* Pierre ex A. Froehner (cafeeiro Conilon) se destacam pela grande importância na agricultura nacional, fazendo com que o país ocupe o posto de maior produtor e exportador desse gênero agrícola (CONAB, 2019).

Nos últimos 150 anos, o café Conilon se transformou em uma importante *commodity*, correspondendo a um terço do comércio global de café (ICO, 2019). No Estado do Espírito Santo, a cafeicultura é a principal atividade agrícola e, do montante de café produzido, aproximadamente 76% é devido à cafeicultura de Conilon (CONAB, 2019). Neste Estado, a cafeicultura se faz presente na maior parte dos municípios, envolvendo aproximadamente 131 mil famílias em 60 mil propriedades rurais (FERREIRA et al., 2012). Do montante de café Conilon produzido no Estado, aproximadamente 82,5% é proveniente da região Norte, enquanto a região Sul e Caparaó contribuem com algo em torno de 9,3% (INCAPER, 2014). Na região Sul, os índices médios de produtividade, tanto para o café Conilon quanto para o Arábica, são relativamente baixos, tornando-se extremamente necessária a realização de trabalhos direcionados ao aprimoramento da cafeicultura nessa região. Vale lembrar que, de acordo com o zoneamento agroclimatológico no Espírito Santo, existe uma proporção considerável de áreas aptas ou com pequena restrição hídrica para o cultivo do cafeeiro Conilon na região Sul (TAQUES; DADALTO, 2019). Essa condição agroclimatológica pode contribuir para a melhoria dos índices de produtividade, quando associada ao aprimoramento da cafeicultura nessas regiões.

Dada a importância da cafeicultura de Conilon, informações e tecnologias de cultivo são constantemente desenvolvidas e/ou aprimoradas, tais como a busca por conhecimentos técnico-científicos no melhoramento genético (FERRÃO et al., 2008; RODRIGUES et al., 2012; 2015; 2017; DALCOMO et al., 2015), no crescimento e fisiologia (DaMATTA et al., 2007; CAVATTE et al., 2012), no manejo de doenças (BELAN et al., 2015), na nutrição e eficiência nutricional (COLODETTI et al., 2014; MARTINS et al., 2015), no manejo de podas (VERDIN FILHO et al., 2014), na resposta à seca (STARLING et al., 2019), entre outros. Vale ressaltar que o conjunto de melhorias e avanços na cafeicultura do Conilon capixaba permitiu incrementos de produtividade na ordem de 277% entre 2000 e 2019 (CONAB, 2019).

As plantas de *C. canephora* são diplóides, de fecundação cruzada, com tendência a originar lavouras heterogêneas quanto à arquitetura, época e uniformidade de maturação de frutos, tamanho e peso de grãos, susceptibilidade a pragas e doenças e potencial produtivo final (FONSECA et al., 2006; RODRIGUES et al., 2012). A alogamia e autoincompatibilidade gametofítica são os responsáveis pela elevada heterogeneidade e variabilidade genética dessa espécie (FERRÃO et al., 2008; IVOGLO et al., 2008).

Para o sucesso de um programa de melhoramento é necessária a identificação da existência de variabilidade capaz de sustentar a seleção dos genótipos superiores (BONOMO, 2002). As estimativas dos componentes da variabilidade são fundamentais para o estudo do controle genético de características de interesse e para identificação do potencial da população para seleção (RAMALHO et al., 2004). A diversidade genética é uma medida de biodiversidade que representa a variação genética total presente em uma população ou espécie (MORALES et al., 1997). O estudo de características biométricas é fundamental em programas de melhoramento do cafeeiro Conilon, pois contribui na avaliação da variabilidade genética entre os materiais, na caracterização dos genótipos, na escolha do local, nos estudos de adaptabilidade e estabilidade, na predição dos ganhos genéticos e na seleção precoce (FERRÃO et al., 2008).

O estudo biométrico de características morfológicas do cafeeiro tem sido extremamente útil no processo de seleção de genótipos superiores (FREITAS et al., 2007; CARVALHO et al., 2010), tendo em vista a crescente demanda por materiais adaptados às mais diferentes condições de cultivo, o que contribui para o aumento da competitividade e sustentabilidade da cafeicultura (CARVALHO et al., 2016). As avaliações de características morfofisiológicas e produtivas de diferentes genótipos permite estimar uma ampla gama de parâmetros genéticos que auxiliam na identificação e distinção dos genótipos promissores (CRUZ; CARNEIRO, 2003; DALCOMO et al., 2015; BIKILA; SAKIYAMA, 2017; GILES et al., 2018; 2019), o que é imprescindível em programas de melhoramento genético de espécies vegetais.

A produtividade do cafeeiro é a variável mais importante a ser quantificada em experimentos de campo (VICENTE et al., 2015). Essa é uma característica influenciada por diversos fatores, dentre eles o genótipo e os anos de colheitas, conforme já relatado para o cafeeiro Arábica (TEIXEIRA et al., 2013) e cafeeiro Conilon (RODRIGUES et al., 2013; RAMALHO et al., 2016). Dessa forma, há necessidade de se analisar a capacidade produtiva ao longo do tempo para atribuir confiabilidade aos dados de produção, haja vista a recomendação de no mínimo quatro colheitas para o estudo do comportamento produtivo de genótipos de cafeeiro Conilon (FONSECA et al., 2004). Com isso, é possível a seleção eficiente de materiais menos bienais e com produtividade superior (CILAS et al., 2011).

Quanto à fisiologia, sabe-se que as taxas fotossintéticas do cafeeiro Conilon e Arábica são relativamente baixas (DaMATTA et al., 2007; MORAIS et al., 2012; SILVA et al., 2013) e que as grandes resistências à difusão do CO₂ (estomática e mesofílica) são os principais mecanismos responsáveis por tal resultado (MARTINS et al., 2014). No entanto, no Conilon, devido à provável menor sensibilidade estomática à demanda evaporativa do ar, é possível que haja maior manutenção da absorção cumulativa de CO₂ ao longo do dia (RONCHI; DaMATTA, 2019), podendo contribuir para as maiores produções observadas nessa espécie quando comparada às do Arábica. Além disso, é relatada a existência de variações nas taxas fotossintéticas, condutâncias estomáticas e acúmulo de massa seca de frutos de diferentes genótipos de cafeeiro Conilon (MORAIS et al., 2012; PARTELLI et al., 2014). Nesse contexto, o conhecimento do desempenho fotossintético dos genótipos pode contribuir no desenvolvimento de cultivares clonais mais eficientes em termos fisiológicos e produtivos, além de auxiliar nos estudos de variabilidade genética.

Atualmente, poucas são as informações sobre características de frutos de café no estudo da variabilidade genética, o que justifica a necessidade de se desenvolver conhecimento sobre o assunto. Alguns estudos para o cafeeiro Arábica já foram realizados a fim de demonstrar as dimensões dos comprimentos principais e o formato dos frutos (AGRAWAL et al., 1973), bem como a importância das dimensões dos frutos para a elaboração de unidades de processamento e equipamentos de pós colheita (WEBER, 1995). Também já se sabe a magnitude dos aumentos nas dimensões, na massa e no volume dos frutos de Arábica na medida em que o estágio fenológico se desenvolve até a maturação (COELHO et al., 2015), bem como relatos sobre a existência de variabilidade entre diferentes genótipos de cafeeiro Arábica e do grau de maturação dos frutos sobre as dimensões principais, esfericidade, massa, volume e ângulo de repouso dos frutos (MAGALHÃES et al., 2000). Porém, para o cafeeiro Conilon, pouco se sabe a respeito dessas informações sobre os frutos, principalmente levando em consideração as diferenças genotípicas da espécie.

Mesmo com os avanços até então obtidos, vários desafios ainda devem ser enfrentados nas muitas áreas do conhecimento sobre a cafeicultura de Conilon, tendo em vista os problemas enfrentados na atualidade, com destaque para o desenvolvimento de novas cultivares adaptadas a diferentes ambientes de cultivo e ajustadas aos cenários de mudanças climáticas, o aprimoramento dos manejos de irrigação e o estudo do desenvolvimento do cafeeiro Conilon em convivência com a seca (FERRÃO et al., 2019).

É de fundamental importância a avaliação de genótipos em ambientes distintos, a fim de estudar a expressão das características fenotípicas de interesse, de modo a possibilitar a seleção

de materiais mais adaptados e estáveis às condições de cada local. Essas avaliações tornam possível a identificação de genótipos de comportamento previsível e que sejam responsivos às variações ambientais, em condições específicas ou amplas (CRUZ; CARNEIRO, 2003; EBERHART; RUSSEL, 1966). Os fatores ambientais que contribuem para a expressão das características fenotípicas podem ser chamados de previsíveis, tais como: tipo de solo, fotoperíodo e práticas agrônômicas; e os não previsíveis como: pluviosidade, temperatura e ataque de pragas e doenças (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992).

Conhecer o ambiente e os genótipos mais adaptados a ele é fundamental. Ferrão et al. (2011) descrevem a importância das condições do ambiente, do sistema de cultivo e das tecnologias de produção que serão adotadas, pois devem ser levadas em consideração no momento da escolha do material genético a ser cultivado. Além disso, ressalta-se a importância da não generalização das recomendações técnicas, principalmente pela existência de ecossistemas e sistemas de cultivo muito diversificados, devendo-se levar em consideração as particularidades de cada região e das tecnologias de produção disponíveis.

Um exemplo de técnica capaz de condicionar o ambiente e modular a resposta dos genótipos, principalmente frente aos cenários de mudanças climáticas, é a irrigação. O déficit hídrico é um dos mais importantes estresses condicionados pelo ambiente na agricultura. Devido a isso, tem-se buscado cada vez mais compreender o comportamento das plantas em condições de seca, buscando melhorar a produtividade de cultivos agrícolas sob tal condição (CATTIVELLI et al., 2008). Nesse contexto, também é essencial a identificação de genótipos de cafeeiro Conilon com ampla capacidade produtiva em condição de irrigação manejada (BONOMO et al., 2017), elevando os índices de eficiência em utilizar a água disponibilizada (VICENTE et al., 2015), por meio dos materiais com as maiores produtividades (DINAR, 1993).

O emprego da irrigação nas lavouras cafeeiras de Conilon tem grande parcela de responsabilidade sobre os aumentos de produtividade obtidos, pois possibilita suprir a demanda hídrica nos períodos de seca (BUNN et al., 2015; PARTELLI, 2015; MAGIERO et al., 2017). Dados apontam que 58% das áreas produtoras de Conilon no Espírito Santo apresentam problemas de restrição hídrica, onde o uso da irrigação se torna imprescindível ao fornecer a quantidade de água deficitária e melhorar os índices produtivos e qualidade dos grãos de café (PEZZOPANE et al., 2010; FERNANDES et al., 2012; BONOMO et al., 2013).

OBJETIVO GERAL

Analisar a biometria, a produtividade e a fotossíntese de genótipos de *Coffea canephora* selecionados para qualidade de bebida.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Analisar a variabilidade para características agronômicas e produtividade de 27 genótipos melhorados de *Coffea canephora* no Sul do Estado do Espírito Santo.

Estudar a variabilidade do desempenho fotossintético ao longo do ciclo reprodutivo de 27 genótipos de *Coffea canephora*, que compõem três cultivares clonais selecionadas para qualidade de bebida e produtividade.

Analisar características relacionadas às dimensões, formato e produção de biomassa dos frutos de 27 genótipos de *Coffea canephora*, bem como o uso dessas informações no estudo da variabilidade entre os genótipos.

Avaliar a eficiência produtiva de 27 genótipos de *Coffea canephora* em relação à quantidade de água disponibilizada ao longo das quatro primeiras safras.

REFERÊNCIAS

- AGRAWAL, K. K.; CLARY, B. L.; SCHROEDER, E. W. Mathematical models of peanut pod geometry. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, v. 16, n. 2, p. 315-319, 1973.
- BELAN, L. L.; JESUS JUNIOR, W. C.; SOUZA, A. F.; ZAMBOLIM, L.; TOMAZ, M. A.; ALVES, F. R.; FERRÃO, M. A. G.; AMARAL, J. F. T. Monitoring of leaf rust in Conilon coffee clones to improve fungicide use. **Australasian Plant Pathology**, v. 44, n. 1, p. 5-12, 2015.
- BIKILA, B. A.; SAKIYAMA, N. S. Estimation of Genetic Parameters in *Coffea canephora* Var. Robusta. **Advances in Crop Science and Technology**, v. 5, n. 5, 2017.
- BONOMO, D. Z.; BONOMO, R.; PARTELLI, F. L.; SOUZA, J. M. Genótipos de café Conilon sob ajuste de diferentes coeficientes de cultura ajustados. **Irriga**, v. 22, n. 2, p. 236-248, 2017.
- BONOMO, D. Z.; BONOMO, R.; PARTELLI, F. L.; SOUZA, J. M.; MAGIERO, M. Desenvolvimento vegetativo do cafeeiro Conilon submetido a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 7, n. 2, p. 157-169, 2013.
- BONOMO, P. **Metodologias biométricas para seleção de progênies no melhoramento genético do cafeeiro**. 2002. 130f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2002.
- BUNN, C.; LADERACH, P.; RIVERA, O. O.; KIRSCHKE, D. A bitter cup: climate change profile of global production of Arabica and Robusta coffee. **Climatic Change**, v. 129, n. 1, p. 89-101, 2015.
- CARVALHO, A. M. D.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, G. R.; BOTELHO, C. E.; GONÇALVES, F. M. A.; FERREIRA, A. D. Correlação entre crescimento e produtividade de cultivares de café em diferentes regiões de Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 3, p. 269-275, 2010.
- CARVALHO, A. M. D.; MENDES, A. N. G.; REZENDE, F. V.; BOTELHO, C. E.; CARVALHO, G. R.; FERREIRA, A. D. Seleção de progênies de cafeeiros do grupo Catucaí. **Coffee Science**, v. 11, n. 2, p. 244-254, 2016.

CATTIVELLI, F.; RIZZA, F.; BADECK, F. W.; MAZZUCOTELLI, E.; MASTRANGELO, A. M.; FRANCIA, E.; MARE, C.; TONDELLI, A.; STANCA, A. M. Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics. **Field Crops Research**, v. 105, p. 1-14, 2008.

CAVATTE, P. C.; OLIVEIRA, A. A. G.; MORAIS, L. E.; MARTINS, S. C. V.; SANGLARD, L. M. V. P.; DaMATTA, F. M. Could shading reduce the negative impacts of drought on coffee? A Morphophysiological Analysis. **Physiologia Plantarum**, v. 144, p. 111-122, 2012.

CILAS, C.; MONTAGNON, C.; BAR-HEN, A. Yield stability in clones of *Coffea canephora* in the short and medium term: longitudinal data analyses and measures of stability over time. **Tree Genetics & Genomes**, v. 7, n. 2, 421-429, 2011.

COELHO, A. L. F.; SANTOS, F. L.; PINTO, F. A. C.; QUEIROZ, D. M. Determinação das propriedades geométricas, físicas e mecânicas do sistema fruto-pedúnculo-ramo do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 286-292, 2015.

COLODETTI, T. V.; RODRIGUES, W. N.; MARTINS, L. D.; TOMAZ, M. A. Differential tolerance between genotypes of Conilon coffee (*Coffea canephora*) to low availability of nitrogen in the soil. **Australian Journal of Crop Science**, v. 8, p. 1648-1657, 2014.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra Brasileira: café**. Brasília: Conab, 2019. 61p.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. 2 ed. Viçosa: Editora UFV, 2003. 585p.

DALCOMO, J. M.; VIEIRA, H. D.; FERREIRA, A.; LIMA, W. L.; FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; PARTELLI, F. L. Evaluation of genetic divergence among clones of Conilon coffee after scheduled cycle pruning. **Genetics and Molecular Research**, v. 14, n. 4, p. 15417-15426, 2015.

DaMATTA, F. M.; RONCHI, C. P.; MAESTRI, M.; BARROS, R. S. Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, n. 4, p. 485-510, 2007.

DINAR, A. Economic factors and opportunities as determinants of water use efficiency in agriculture. **Irrigation Science**, v. 14, p. 47-52, 1993.

EBERHART, S. A.; RUSSEL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, v. 6, n. 3, p. 36-40, 1966.

FERNANDES, A. L. T.; PARTELLI, F. L.; BONOMO, R.; GOLYNSKI, A. A moderna cafeicultura dos cerrados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 2, p. 231-240, 2012.

FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G.; VERDIN FILHO, A. C.; VOLPI, P. S.; SOUZA, E. M. R.; MORELI, A. P. Cultivares de café Arábica e Conilon recomendados para o Estado do Espírito Santo. In: TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T.; JESUS JUNIOR, W. C.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G. **Tecnologias para a sustentabilidade da cafeicultura**. Alegre: CAUFES, 2011. p. 51-68.

FERRÃO, R. G.; CRUZ, C. D.; FERREIRA, A.; CECON, P. R.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; CARNEIRO, P. C. S.; SILVA, M. F. Parâmetros genéticos em café Conilon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 61-69, 2008.

FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; De MUNER, L. H. **Conilon Coffee**, 3rd edition updated and expanded. Vitória: Incaper, 2019. 973p.

FERREIRA, M.; MOTA, F. M.; ASSIS, E. S.; LUPPI, A. S. L.; PELUZIO, J. B. E.; SANTOS, A. R.; BRAGANÇA, R. Café no território rural do Caparaó-ES. In: TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T.; JESUS JÚNIOR, W. C.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; MARTINS, L. D.; RODRIGUES, W. N. **Inovação, difusão e integração: bases para a sustentabilidade da cafeicultura**. Alegre: CCA-UFES, 2012. p. 245-268.

FONSECA, A. F. A.; SEDIYAMA, T.; CRUZ, C. D.; SAKAIYAMA, N. S.; FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; BRAGANÇA, S. M. Genetic divergence in Conilon coffee. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 4, p. 599-605, 2006.

FONSECA, A. F. A.; SEDIYAMA, T.; CRUZ, C. D.; SAKIYAMA, N. S.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; BRAGANÇA, S. M. Repeatability and number of harvest required for selection in robusta coffee. **Crop breeding and applied biotechnology**, v. 4, n. 3, p. 325-329, 2004.

FREITAS, Z. M. T. S.; OLIVEIRA, F. J. O.; CARVALHO, S. P.; SANTOS, V. F.; SANTOS, J. P. O. Avaliação de caracteres quantitativos relacionados com o crescimento vegetativo entre

cultivares de café Arábica de porte baixo. **Bragantia**, v. 66, n. 2, p. 267-275, 2007.

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

GILES, J. A. D.; PARTELLI, F. L.; FERREIRA, A.; RODRIGUES, J. P.; OLIOSI, G.; LIMA, F. H. Genetic diversity of promising Conilon coffee clones based on morpho-agronomic variables. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, n. 2, p. 2437-2446, 2018.

INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL – INCAPER. **Cafeicultura: café Conilon**. 2014. Disponível em: <<https://incaper.es.gov.br/cafeicultura-Conilon>> Acesso em: 02 de dezembro de 2019.

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION – ICO. **Dados Históricos**. ICO, 2019. Disponível em: <http://www.ico.org/pt/new_historical_p.asp?section=Estat%EDstica> Acesso em: 02 de dezembro de 2019.

IVOGLO, M. G.; FAZUOLI, L. C.; OLIVEIRA, A. C. B.; GALLO, P. B.; MISTRO, J. C.; SILVAROLLA, M. B.; TOMA-BRAGHINI, M. Divergência genética entre progênies de café robusta. **Bragantia**, v. 67, n. 4, p. 823-831, 2008.

MAGALHÃES, A. C.; COUTO, S. M.; QUEIROZ, D. M. de; ANDRADE, E. T. de. Dimensões principais, massa e volume unitários, esfericidade e ângulo de repouso de frutos de café. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 2, n. 2, p. 39-56, 2000.

MAGIERO, M.; BONOMO, R.; PARTELLI, F. L.; SOUZA, J. B. Crescimento vegetativo do cafeeiro Conilon fertirrigado com diferentes parcelamentos e doses de nitrogênio e potássio. **Revista Agro@ambiente**, v. 11, n. 1, p. 31-39, 2017.

MARTINS, L. D.; RODRIGUES, W. N.; MACHADO, L. S.; BRINATE, S. V. B.; COLODETTI, T. V.; AMARAL, J. F. T.; TOMAZ, M. A. Evidence of genetic tolerance to low availability of phosphorus in the soil among genotypes of *Coffea canephora*. **Genetics and Molecular Research**, v. 14, n. 3, p. 10576-10587, 2015.

MARTINS, S. C. V.; GALMÉS, J.; CAVATTE, P. C.; PEREIRA, L. F.; VENTRELLA, M. C.;

DaMATTA, F. M. Understanding the low photosynthetic rates of sun and shade coffee leaves: bridging the gap on the relative roles of hydraulic, diffusive and biochemical constraints to photosynthesis. **Plos One**, v. 9, n. 4, p. 1-10, 2014.

MORAIS, L. E.; CAVATTE, P. C.; DETMANN, K. C.; SANGLARD, L. M. V. P.; RONCHI, C. P.; DaMATTA, F. M. Source strength increases with the increasing precociousness of fruit maturation in field-grown clones of Conilon coffee (*Coffea canephora*) trees. **Trees**, v. 26, p. 1397-1402, 2012.

MORALES, E. A. V.; VALOIS, A. C. C.; NASS, L. L. **Recursos genéticos vegetais**. Brasília: EMBRAPA-CENARGEN, 1997. 78p.

PARTELLI, F. L. Café: na história, na economia e no sangue do capixaba. **Revista Procampo**, v. 10, n. 55, p. 16-17, 2015.

PARTELLI, F. L.; ESPINDULA, M. C.; MARRÉ, W. B.; VIEIRA, H. D. Dry matter and macronutrient accumulation in fruits of Conilon coffee with different ripening cycles. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 214-222, 2014.

PEZZOPANE, J. R. M.; CASTRO, F. S.; PEZZOPANE, J. E. M.; BONOMO, R.; SARAIVA, G. S. Zoneamento de risco climático para a cultura do café Conilon no Estado do Espírito Santo. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 41, n. 3, p. 341-348, 2010.

RAMALHO, A. R.; ROCHA, R. B.; SOUZA, F. F.; VENEZIANO, W.; TEIXEIRA, A. L. Progresso genético da produtividade de café beneficiado com a seleção de clones de cafeeiro 'Conilon'. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 47, n. 3, p. 516-523, 2016.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. A. B. P. **Genética na agropecuária**. 3. ed. Lavras: UFLA, 2004. 472p.

RODRIGUES, W. N.; COLODETTI, T. V.; BRINATE, S. V. B.; MARTINS, L. D.; TOMAZ, M. A. Genetic variability for sprout growth among genotypes of *Coffea canephora* led by bending of orthotropic stems. **Genetics and Molecular Research**, v. 16, n. 4, p. 1-12, 2017.

RODRIGUES, W. N.; TOMAZ, M. A.; FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A. Diversity among genotypes of Conilon coffee selected in Espírito Santo state. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 6, p. 1643-1650, 2015.

RODRIGUES, W. N.; TOMAZ, M. A.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; MIRANDA, F. D. Estimativa de parâmetros genéticos de grupos de clones de café Conilon. **Coffee Science**, v. 7, n. 2, p. 177-186, 2012.

RODRIGUES, W. N.; TOMAZ, M. A.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; MARTINS, L. D. Crop yield bienniality in groups of genotypes of Conilon coffee. **African Journal of Agricultural Research**, v. 8, n. 34, p. 4422-4426, 2013.

RONCHI, C. P.; DaMATTA, F. M. Physiological aspects of Conilon coffee. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; DeMUNER, L. H. **Conilon Coffee**. 3rd edition updated and expanded. Vitória: Incaper, 2019. p. 111-143.

SILVA, P. E. M.; CAVATTE, P. C.; MORAIS, L. E.; MEDINA, E. F.; DaMATTA, F. M. The functional divergence of biomass partitioning, carbon gain and water use in *Coffea canephora* in response to the water supply: implications for breeding aimed at improving drought tolerance. **Environmental and Experimental Botany**, v. 87, p. 49-57, 2013.

STARLING, L. C. T.; MARTINS, L. D.; RODRIGUES, W. N.; REINICKE, T. M.; COLODETTI, T. V.; AMARAL, J. F. T.; PARTELLI, F. L.; TOMAZ, M. A.; ESPINDULA, M. C. Genetic diversity in nutritional parameters in response to drought of *Coffea canephora* cultivated in Rondonia state, Brazil. **Genetics and Molecular Research**, v. 18, n. 2, p. 1-12, 2019.

TAQUES, R. C.; DADALTO, G. G. Agroclimatic Zoning for Conilon Coffee Culture in the State of Espírito Santo. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; DeMUNER, L. H. **Conilon Coffee**. 3rd edition updated and expanded. Vitória: Incaper, 2019. p. 70-83.

TEIXEIRA, A. L.; SOUZA, F. F.; PEREIRA, A. A.; OLIVEIRA, A. C. B.; ROCHA, R. B. Performance of arabica coffee cultivars under high temperature conditions. **African Journal of Agricultural Research**, v. 8, n. 33, p. 4402-4407, 2013.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Revista Brasileira de Genética, 1992. 496p.

VERDIN FILHO, A. C.; TOMAZ, M. A.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; RODRIGUES, W. N. Conilon coffee yield using the programmed pruning cycle and

different cultivation densities. **Coffee Science**, v. 9, n. 4, p. 489-494, 2014.

VICENTE, M.; FERNANDES, A. L. T.; MANTOVANI, E. C.; DELAZANI, F. Efeito de diferentes lâminas de irrigação nas variáveis de desenvolvimento e produção do cafeeiro irrigado por pivô central. **Irriga**, v. 20, n. 3, p. 528-543, 2015.

WEBER, E. A. **Armazenagem agrícola**. Porto Alegre: La Salle, 1995. 395p.

CAPÍTULO 1

VARIABILIDADE PARA CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E PRODUTIVIDADE DE GENÓTIPOS MELHORADOS DE *Coffea canephora* NO SUL DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

RESUMO

O estudo biométrico de características morfológicas do cafeeiro tem sido extremamente útil no processo de seleção de genótipos superiores. Nesse contexto, objetivou-se analisar a expressão de variabilidade para características agronômicas e produtividade de 27 genótipos melhorados de *Coffea canephora* cultivados na região Sul do Estado do Espírito Santo. O campo experimental foi conduzido no município de Castelo-ES, em altitude de 126 m, no espaçamento de $3,0 \times 1,0$ m. O experimento seguiu delineamento de blocos casualizados para a avaliação da variabilidade expressada entre os 27 genótipos para 15 características relacionadas à arquitetura da copa, biometria dos ramos plagiotrópicos, rendimento e classificação dos grãos. Para o estudo da produtividade, empregou-se esquema de parcelas subdivididas no tempo, 27×4 , sendo os 27 genótipos e as quatro safras produtivas. Foi possível observar variabilidade entre os genótipos de cafeeiro Conilon para as características avaliadas. Houve maior formação de grupos entre os genótipos com base no rendimento, na classificação de grãos, na altura da copa, no comprimento de internódios dos ramos plagiotrópicos e no acúmulo total de massa seca por ramo plagiotrópico. Os genótipos 108 e 201 foram os mais produtivos na média das quatro colheitas, com destaque para o 201 devido a menor amplitude de variação da produtividade, demonstrando-se mais estável ao longo das safras. Em contrapartida, os genótipos 203 e 307 foram os menos produtivos, enquanto o genótipo 106 apresentou a maior amplitude de produção em relação à média de produtividade.

Palavras-chave: Biometria. Cafeeiro Conilon. Produção. Arquitetura de copa. Adaptação.

VARIABILITY FOR AGRONOMIC TRAITS AND CROP YIELD OF IMPROVED GENOTYPES OF *Coffea canephora* IN THE SOUTHERN REGION OF THE ESPÍRITO SANTO STATE

ABSTRACT

The biometric study of morphological traits of coffee plants has been extremely useful in the

process of selecting superior genotypes. In this context, the objective of this study was to analyze the expression of variability for agronomic traits and crop yield of 27 improved genotypes of *Coffea canephora* cultivated in the Southern Region of the Espírito Santo State. The experimental field was cultivated in the municipality of Castelo-ES, at an altitude of 126 m, with a 3.0×1.0 m spacing. The experiment followed a randomized block design to evaluate the variability expressed among the 27 genotypes for 15 characteristics related to canopy architecture, biometry of plagiotropic branches, yield and grain classification. For the study of crop yield, a split plot scheme in time, 27×4 , with 27 genotypes and four productive harvests, was used. It was possible to observe variability among the genotypes of Conilon coffee for the evaluated traits. There was a greater number of groups among genotypes based on the crop yield, the classification of grains, the canopy height, the length of the internodes of the plagiotropic branches and the total accumulation of dry matter per plagiotropic branch. The genotypes 108 and 201 were the most productive in the average of the four harvests, highlighting the genotype 201 due to the smaller range of variation in crop yield, proving to be more stable throughout the years. In contrast, the genotypes 203 and 307 were the least productive, while the genotype 106 showed the greatest range of production in relation to average crop yield.

Keywords: Biometry. Conilon coffee. Production. Canopy architecture. Adaptation.

INTRODUÇÃO

Atualmente, o café é considerado um dos mais valiosos produtos primários da economia global, sendo cultivado em aproximadamente 80 países e ocupando mais de 11 milhões de hectares (DaMATTA et al., 2018). Basicamente, a maior parte dessa produção é oriunda das espécies *Coffea arabica* Lineu (cafeeiro Arábica) e *C. canephora* Pierre ex A. Froehner (cafeeiro Conilon), onde o Brasil se configura como o maior produtor mundial de café, o que repercute consideravelmente na economia do país (CONAB, 2019).

Diversas são as aplicações e crescente é a demanda mundial por café Conilon (LIMA FILHO et al., 2015; TEIXEIRA et al., 2016). Dessa forma, nos últimos 150 anos, o café Conilon se transformou em uma importante *commodity*, correspondendo a um terço do comércio global de café (ICO, 2019). No Estado do Espírito Santo a cafeicultura é a principal atividade agrícola e, do montante de café produzido, aproximadamente 76% é devido à cafeicultura de Conilon (CONAB, 2019).

Dada a importância da cafeicultura de Conilon, informações e tecnologias de cultivo são constantemente desenvolvidas e/ou aprimoradas, tais como a busca por conhecimentos técnico-científicos no melhoramento genético (FERRÃO et al., 2008; RODRIGUES et al., 2012; 2015; 2017; DALCOMO et al., 2015), no crescimento e fisiologia (DaMATTA et al., 2007; CAVATTE et al., 2012), no manejo de doenças (BELAN et al., 2015), na nutrição e eficiência nutricional (MARTINS et al., 2015) e na resposta à seca (STARLING et al., 2019). Vale ressaltar que o conjunto de melhorias e avanços na cafeicultura de Conilon capixaba permitiu incrementos de produtividade na ordem de 277% entre 2000 e 2019 (CONAB, 2019).

A elevada variabilidade fenotípica e genotípica dessa espécie tem contribuído para a identificação e seleção de materiais com características específicas, como exemplo a alta produtividade, tolerância à seca e ciclo de maturação definido (FONSECA et al., 2006; RODRIGUES et al., 2012). A alogamia e autoincompatibilidade gametofítica do *C. canephora* são os responsáveis pela elevada heterogeneidade e variabilidade genética natural dessa espécie (FERRÃO et al., 2008; IVOGLO et al., 2008). Essa diversidade é fundamental para o desenvolvimento dos programas de melhoramento genético (CHARRIER; BERTHAUD, 1985; DALCOMO et al., 2015).

O estudo biométrico de características morfológicas do cafeeiro tem sido extremamente útil no processo de seleção de genótipos superiores (FREITAS et al., 2007; CARVALHO et al., 2010), tendo em vista a crescente demanda por materiais adaptados às mais diferentes condições de cultivo e capazes de resistir a diferentes tipos de estresses ambientais, o que contribui para o aumento da competitividade e sustentabilidade da cafeicultura (CARVALHO et al., 2016). As avaliações de características morfofisiológicas e produtivas de diferentes genótipos permite estimar uma ampla gama de parâmetros genéticos que auxiliam na identificação e distinção dos materiais promissores (CRUZ; CARNEIRO, 2003; DALCOMO et al., 2015; BIKILA; SAKIYAMA, 2017; GILES et al., 2018; 2019), o que é imprescindível em programas de melhoramento genético de espécies vegetais.

Nesse contexto, o estudo de características morfológicas e produtivas de genótipos melhorados de cafeeiro Conilon em condições de cultivo específicas pode contribuir para a identificação de genótipos promissores e com potencial de recomendação para as condições estudadas, fornecendo informações para melhoria da cafeicultura na região. Ações como essas contribuem para ampliar a sustentabilidade da cafeicultura, com a possibilidade de melhorias na qualidade do produto e no fortalecimento da agricultura familiar. Com isso, objetivou-se analisar a variabilidade para características agronômicas e produtividade de 27 genótipos melhorados de *Coffea canephora* no Sul do Estado do Espírito Santo.

MATERIAL E MÉTODOS

Condições de cultivo

O campo experimental foi conduzido no distrito de Estrela do Norte, zona rural do município de Castelo, Sul do Estado do Espírito Santo, região Sudeste do Brasil, coordenadas geográficas 20°34'19,6"S e 41°18'51,7"W, altitude de 126 m e relevo plano no local do estudo, com série histórica do município apresentando precipitação anual média de 1098 mm e temperatura média anual de 24,2 °C (CLIMATE-DATA.ORG, 2019). A região onde o campo experimental foi implantado se encontra na zona classificada como apta ao cultivo de *Coffea canephora*, de acordo com o zoneamento agroclimatológico para a cultura no Estado do Espírito Santo (TAQUES; DADALTO, 2019).

O experimento foi implantado em agosto de 2014, com espaçamento entre plantas de 3,0 × 1,0 m (3.333 plantas ha⁻¹), no qual cada planta foi conduzida com três ramos ortotrópicos (9.999 ramos ha⁻¹), o que proporcionou uma população de plantas e de ramos dentro do recomendado para o cultivo de cafeeiro Conilon (FERRÃO et al., 2019). Desde o plantio, as adubações e os tratamentos culturais foram realizados de acordo com as atuais recomendações para a cultura do café Conilon no Estado do Espírito Santo (FERRÃO et al., 2019).

As condições meteorológicas foram monitoradas constantemente através de estação automática, com registro das condições meteorológicas a cada hora, instalada no local do experimento (estação automática Irriplus modelo E5000) e a irrigação foi realizada por sistema de aspersão em malha fixa, ocorrendo todas as vezes em que a tensão de retenção de água no solo (medida por conjunto de três tensiômetros instalados a 25 cm de profundidade) correspondeu àquela referente a 60-70% da água disponível (36 e 26 kPa, respectivamente, com base na curva de retenção de água no solo), de modo a retornar a umidade à capacidade de campo. As características de uniformidade e distribuição de água pelo sistema de irrigação possibilitaram que o mesmo fosse classificado como “excelente”, de acordo com as faixas de classificação propostas por Mantovani et al. (2006).

Ao longo dos quatro ciclos reprodutivos do cafeeiro Conilon, foram observadas médias de disponibilização de água (soma dos montantes disponibilizados pela precipitação e irrigação) de 1438,2 mm por ano, bem como temperatura média anual de 24,4 °C.

Desenho experimental

Para o estudo da arquitetura da copa, biometria de ramos plagiotrópicos, rendimento e classificação de grãos, o experimento seguiu delineamento de blocos casualizados, com 27

tratamentos e quatro repetições, em que os tratamentos consistiram nos 27 genótipos. Já para o estudo da produtividade ao longo das quatro primeiras colheitas, foi utilizado um esquema de parcelas subdivididas no tempo, 27 x 4, em delineamento de blocos casualizados e quatro repetições, no qual o fator parcela correspondeu aos 27 genótipos de cafeeiro Conilon, enquanto a subparcela correspondeu às quatro primeiras safras produtivas, sendo as colhidas realizadas nos anos de 2016, 2017, 2018 e 2019. Cada parcela experimental foi composta por seis plantas.

Os 27 genótipos de cafeeiro Conilon utilizados no estudo foram aqueles que compõem três cultivares clonais certificadas no Brasil pelo SNPC (Serviço Nacional de Proteção de Cultivares), sendo eles: nove genótipos de maturação precoce da cultivar “Diamante ES8112” (número de certificação SNPC: 20140103), referidos no estudo como 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108 e 109; nove genótipos de maturação intermediária da cultivar “Jequitibá ES8122” (número de certificação SNPC: 20140104), denominados como 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208 e 209; e nove genótipos de maturação tardia da cultivar “Centenária ES8132” (número de certificação SNPC: 20140102), denominados como 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308 e 309. Essas cultivares clonais foram desenvolvidas e registradas pelo Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER) e caracterizadas por alto rendimento e qualidade de bebida (FERRÃO et al., 2019). As mudas dos genótipos foram selecionadas para compor um grupo homogêneo quanto ao tamanho, enfolhamento, aspectos fitossanitários e nutricionais, sendo adquiridas em viveiro certificado. Quando essas mudas apresentaram três ou quatro pares de folhas totalmente desenvolvidas, realizou-se o plantio no campo.

Biometria da copa das plantas

As avaliações biométricas da copa das plantas ocorreram em meio ao estágio fenológico de maturação dos frutos nos anos de 2017, 2018 e 2019. De cada planta útil da parcela, um ramo ortotrópico mediano foi marcado e utilizado para avaliações. Na maturação dos frutos dos referidos anos, foram marcados dois ramos plagiotrópicos representativos, selecionados na porção mediana da copa dos ramos ortotrópicos marcados.

Para caracterizar o crescimento final dos ramos ortotrópicos de cada genótipo, avaliou-se em 2019: comprimento do ramo ortotrópico marcado (CRO; m), com uso de trena graduada em mm; diâmetro do caule do ramo ortotrópico marcado (DCO; mm), com uso de paquímetro digital; e diâmetro médio da projeção da copa das plantas (DCP; m), com uso de trena graduada em mm.

No meio dos estádios de maturação dos frutos dos diferentes genótipos nos anos de 2017,

2018 e 2019, foram avaliadas as características: altura da copa do ramo ortotrópico marcado (ACO; cm), sendo avaliado o comprimento entre o ápice do ramo ortotrópico e o par de ramos plagiotrópicos mais basal da copa, com uso de trena graduada em mm; número de ramos plagiotrópicos (NRP; unidades) do ramo ortotrópico marcado, por meio de contagem direta; e angulação de inserção dos ramos plagiotrópicos (ANG; °) no ramo ortotrópico marcado, obtida com o uso de inclinômetro digital, sendo mensurado o ângulo superior formado entre o ramo ortotrópico e a base dos ramos plagiotrópicos marcados.

Também nos períodos acima citados, foram coletados os ramos plagiotrópicos marcados para avaliação das seguintes características: comprimento do ramo plagiotrópico (CRP; cm), por meio de trena graduada em mm; comprimento médio do internódio do ramo plagiotrópico (CIP; cm), obtido pela razão entre o CRP e o número total de nós no ramo; número de frutos por roseta (NFR; unidades), obtido pela razão entre o número total de frutos do ramo plagiotrópico e o número de rosetas (foi considerado como roseta qualquer nó no ramo contendo um fruto ou mais); área foliar total do ramo plagiotrópico (AFR; cm²), utilizando a metodologia de Barros et al. (1973); área foliar disponível por fruto (AFD; cm² fruto⁻¹), obtida pela razão entre a AFR e o número total de frutos do ramo plagiotrópico.

Após essas análises, os materiais foram secos separadamente, em estufa de circulação forçada de ar a 65°C ± 2°C, até atingirem massa constante. Por meio de balança eletrônica de precisão (0,0001 g), foi obtida a massa seca de cada compartimento vegetal, de modo a obter a produção de massa seca total do ramo plagiotrópico (MST; g) e a razão de massa seca alocada nos frutos (RMG; %), obtida pela relação entre a massa seca de frutos e a MST.

Pelo fato de a copa dos ramos ortotrópicos e os ramos produtivos serem alterados em função das retiradas anuais de ramos plagiotrópicos após as colheitas (operação denominada desrrama e necessária no manejo de poda do cafeeiro Conilon (FERRÃO et al., 2019)), analisou-se a média entre os anos de 2017, 2018 e 2019 para as variáveis ACO, NRP, ANG, CRP, CIP, NFR, AFR, AFD, MST e RMG, com a finalidade de caracterizar o comportamento médio dos parâmetros de estudo da copa e dos ramos plagiotrópicos durante o período de cultivo até a finalização do primeiro ciclo de poda, o que geralmente ocorre após a quinta colheita.

Produtividade e classificação física dos grãos

Quando os frutos dos diferentes genótipos atingiram o ponto de maturação (mais de 80% de frutos “cereja”) em cada uma das quatro primeiras safras produtivas (2016, 2017, 2018 e 2019), foi realizada a colheita das parcelas experimentais e quantificada a massa de café colhido

de cada parcela. Uma amostra de frutos de cada repetição foi coletada para análise do rendimento (REN), estimada através da relação entre a massa de café “cereja” da amostra e a massa de café beneficiado resultante desta mesma amostra. Com base na massa de café colhida, no rendimento e na população de plantas por área, estimou-se a produtividade (PROD; sc ha⁻¹) de cada genótipo em cada safra.

A amostra de café beneficiado utilizada para o cálculo do rendimento também foi submetida à análise física de grãos retidos em peneiras de classificação de café (separação pelo tamanho do grão), para determinação da proporção de grãos retidos nas peneiras chatas 17 e acima (PGG; %). As variáveis REN e PGG também foram analisadas como médias entre os anos de colheitas, tendo em vista o objetivo de caracterizar o efeito isolado dos genótipos.

Análises estatísticas

Os dados de CRO, DCO, DCP, ACO, NRP, ANG, CRP, CIP, NFR, AFR, AFD, MST, RMG, REN e PGG foram submetidos à análise de variância individual pelo teste F em nível de 5% de probabilidade, de modo a identificar a existência de diferenças significativas entre os tratamentos, em que o genótipo foi considerado fonte de variação fixa. Na presença de diferenças significativas, utilizou-se o critério de Scott-Knott para análise das médias dos genótipos ($p \leq 0,05$).

Os parâmetros genéticos foram estimados utilizando o modelo individual: $Y_{ij} = \mu + G_i + B_j + \varepsilon_{ij}$, em que Y_{ij} representa o valor fenotípico da ij -ésima observação; μ representa a média geral; G_i é o efeito fixo do i -ésimo genótipo; B_j representa o efeito do j -ésimo bloco; e ε_{ij} é o erro experimental. Para o cálculo dos parâmetros genéticos, utilizou-se dos métodos descritos por Cruz e Carneiro (2003), sendo eles: variância média fenotípica ($\hat{\sigma}_p^2$), variância média ambiental ($\hat{\sigma}_e^2$), componente quadrático da variabilidade genotípica ($\hat{\Phi}_g$), coeficiente de variação genética (CV_g), índice de variação (CV_g/CV_e) e coeficiente de determinação genotípica (H^2).

Os dados de produtividade (PROD) foram submetidos à análise de variância conjunta pelo teste F em nível de 5% de probabilidade, de modo a identificar a existência de diferenças significativas entre os genótipos (fonte de variação fixa) e as colheitas (fonte de variação aleatória). Na presença de diferenças significativas, utilizou-se o critério de Scott-Knott para análise das médias dos genótipos e o teste de Tukey para comparação das médias entre as colheitas, ambos em nível de 5% de probabilidade.

Os parâmetros genéticos para a PROD foram estimados utilizando o modelo estatístico:

$Y_{ijk} = \mu + G_i + B_j + \varepsilon_{ij} + A_k + GA_{ik} + \sigma_{ijk}$, em que: Y_{ijk} é o valor fenotípico da ijk -ésima observação; μ representa a média geral; G_i é o efeito fixo do i -ésimo genótipo; A_k é o efeito aleatório do k -ésimo ano; B_j é o efeito do j -ésimo bloco; GA_{ik} representa o efeito da interação do i -ésimo genótipo com o k -ésimo ano; ε_{ij} representa o erro aleatório associado ao efeito da parcela e σ_{ijk} representa o erro aleatório associado ao efeito da subparcela. Para o cálculo dos parâmetros genéticos, utilizou-se dos métodos descritos por Cruz e Carneiro (2003), sendo eles: componente quadrático da variância da parcela ($\hat{\sigma}_p^2$), componente quadrático da variância da subparcela ($\hat{\sigma}_s^2$), componente quadrático da variância da interação ($\hat{\sigma}_{ps}^2$), coeficiente de determinação genotípica (H^2), coeficiente de variação genética (CV_g), coeficiente de variação da parcela (CV_p) e coeficiente de variação da subparcela (CV_s). A análise dos dados foi realizada utilizando o programa estatístico “GENES” (CRUZ, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da análise individual, observou-se diferenciação significativa entre os genótipos de cafeeiro Conilon, pelo teste F, para todas as características analisadas. Para a maioria das variáveis foi observado CV_e abaixo de 10%, com exceção para a AFR, AFD e PGG (Tabela 1). Esses resultados são considerados adequados para a experimentação com o cafeeiro Conilon (FERRÃO et al., 2008).

Houve predominância de variação genética (CV_g) sobre a variação experimental (CV_e) para a maioria das características, com ressalva apenas para o DCO e DCP. Esse resultado implica em maiores índices de variação (CV_g/CV_e), fazendo com que apenas as características acima citadas apresentassem índices menores que 1,00. Os maiores CV_g/CV_e foram observados para as variáveis PGG, REN, CIP, MST, ANG e NRP, com índices de variação acima de 1,70 (Tabela 1), sendo esta uma condição favorável para estudos da diversidade genética com o emprego destes parâmetros, pois expressam maior proporção da variância total explicada pelo efeito da variação entre genótipos (VASCONCELOS et al., 2012; LEITE et al., 2016).

Com exceção das variáveis DCO e DCP, todas as demais apresentaram coeficientes de determinação genotípica (H^2) maiores que 80%, mostrando maior proporção da variância fenotípica ($\hat{\sigma}_p^2$) associada à contribuição do componente quadrático da variabilidade genotípica ($\hat{\sigma}_g^2$) (Tabela 1). Maiores valores dos coeficientes de determinação genotípica indicam predominância de variabilidade genética sobre a variabilidade ambiental (FERRÃO et al., 2008; SILVA et al., 2015; DALCOMO et al., 2015; CARIAS et al., 2016). Vale ressaltar que o estudo

buscou verificar as implicações do fator genótipo sobre as características analisadas, através das médias entre os anos para algumas variáveis (ACO, NRP, ANG, CRP, CIP, NFR, AFR, AFD, MST, RMG, REN e PGG) e do uso de dados referentes ao crescimento final da planta antes de encerrar o primeiro ciclo de poda (CRO, DCO e DCP). Relatos demonstram que caracteres relacionados com a arquitetura da planta tendem a ser menos influenciados pelo ambiente, possibilitando a observação de maiores valores de H^2 (RAMALHO et al., 2004), o que justifica o estudo do comportamento mediano para as características de arquitetura da copa.

Tabela 1. Resumo da análise de variância e estimativa de parâmetros genéticos de 15 características da arquitetura da copa, biometria de ramos, rendimento e classificação de grãos de 27 genótipos de *Coffea canephora* na região Sul do Estado do Espírito Santo (Castelo-ES).

Parâmetro	CRO ⁽⁹⁾	DCO ⁽¹⁰⁾	DCP ⁽¹¹⁾	ACO ⁽¹²⁾	NRP ⁽¹³⁾
QM _g ⁽¹⁾	0,188**	50,287**	0,247**	424,505**	136,162**
Média	2,849	47,040	3,052	114,549	60,864
CV _e ⁽²⁾	6,696	8,281	7,562	6,064	5,388
$\hat{\sigma}_p^2$ ⁽³⁾	0,047	12,572	0,062	106,126	34,041
$\hat{\sigma}_e^2$ ⁽⁴⁾	0,009	3,794	0,013	12,065	2,689
$\hat{\Phi}_g$ ⁽⁵⁾	0,038	8,778	0,049	94,061	31,352
CV _g ⁽⁶⁾	6,832	6,298	7,211	8,467	9,200
CV _g /CV _e ⁽⁷⁾	1,020	0,761	0,953	1,396	1,707
H ² ⁽⁸⁾	80,636	69,824	78,435	88,632	92,101
Parâmetro	ANG ⁽¹⁴⁾	CRP ⁽¹⁵⁾	CIP ⁽¹⁶⁾	NFR ⁽¹⁷⁾	AFR ⁽¹⁸⁾
QM _g ⁽¹⁾	202,795**	191,407**	0,846**	22,549**	73309,081**
Média	57,534	78,020	3,774	14,809	965,558
CV _e ⁽²⁾	6,464	6,410	5,814	9,716	10,620
$\hat{\sigma}_p^2$ ⁽³⁾	50,699	47,852	0,211	5,637	18327,270
$\hat{\sigma}_e^2$ ⁽⁴⁾	3,458	6,253	0,012	0,518	2629,974
$\hat{\Phi}_g$ ⁽⁵⁾	47,241	41,599	0,199	5,119	15698,296
CV _g ⁽⁶⁾	11,946	8,267	11,831	15,278	12,976
CV _g /CV _e ⁽⁷⁾	1,848	1,290	2,035	1,572	1,222
H ² ⁽⁸⁾	93,179	86,932	94,305	90,817	85,655
Parâmetro	AFD ⁽¹⁹⁾	MST ⁽²⁰⁾	RMG ⁽²¹⁾	REN ⁽²²⁾	PGG ⁽²³⁾
QM _g ⁽¹⁾	4,754**	621,949**	65,362**	0,695**	891,220**
Média	6,297	70,008	74,861	4,230	19,799
CV _e ⁽²⁾	14,176	9,281	4,101	3,732	21,773
$\hat{\sigma}_p^2$ ⁽³⁾	1,188	155,487	16,340	0,174	222,805
$\hat{\sigma}_e^2$ ⁽⁴⁾	0,199	10,554	2,356	0,006	4,646
$\hat{\Phi}_g$ ⁽⁵⁾	0,989	144,933	13,984	0,168	218,159
CV _g ⁽⁶⁾	15,796	17,196	4,995	9,678	74,602
CV _g /CV _e ⁽⁷⁾	1,114	1,853	1,218	2,593	3,426
H ² ⁽⁸⁾	83,241	93,212	85,582	96,414	97,915

** , * significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ⁽¹⁾quadrado médio do tratamento; ⁽²⁾coeficiente de variação; ⁽³⁾variância média fenotípica; ⁽⁴⁾variância média ambiental; ⁽⁵⁾componente quadrático da variabilidade genotípica; ⁽⁶⁾coeficiente de variação genética; ⁽⁷⁾índice de variação; ⁽⁸⁾coeficiente de determinação genotípica; ⁽⁹⁾comprimento do ramo ortotrópico mediano (m); ⁽¹⁰⁾diâmetro do caule do ramo ortotrópico mediano (mm); ⁽¹¹⁾diâmetro médio de projeção da copa da planta (m); ⁽¹²⁾altura da copa do ramo ortotrópico mediano (cm); ⁽¹³⁾número de ramos plagiotrópicos do ramo ortotrópico mediano (unidades); ⁽¹⁴⁾ângulo de inserção dos ramos plagiotrópicos (°); ⁽¹⁵⁾comprimento do ramo plagiotrópico (cm); ⁽¹⁶⁾comprimento do internódio do ramo plagiotrópico (cm); ⁽¹⁷⁾número médio de frutos por roseta (unidades); ⁽¹⁸⁾área foliar do ramo plagiotrópico (cm²); ⁽¹⁹⁾área foliar disponível por fruto (cm² fruto⁻¹); ⁽²⁰⁾massa seca total do ramo plagiotrópico (g); ⁽²¹⁾razão de massa de frutos (%); ⁽²²⁾rendimento de grãos (%); ⁽²³⁾porcentagem de grãos retidos em peneira chato 17 e acima (%). A análise das variáveis CRO, DCO e DCP buscou expressar o crescimento final do porte das plantas antes de encerrar o

primeiro ciclo de poda, enquanto que a média entre os anos para as demais características buscou caracterizar a biometria dos ramos plagiotrópicos, a conformação da copa, o rendimento e a classificação de grãos, com a finalidade de explorar o efeito dos genótipos.

A expressão de variabilidade genética demonstrada pela análise de variância através das características estudadas é de fundamental importância, atuando como indicativos favoráveis em programas de melhoramento genético do cafeeiro e possíveis de serem utilizados na seleção de genótipos superiores (RODRIGUES et al., 2012; CARIAS et al., 2016). Ressalta-se a observância de características agrônômicas com elevadas estimativas das variabilidades genotípicas, indicando uma maior heterogeneidade entre os genótipos para diversos parâmetros de arquitetura de copa, rendimento e biometria de ramos, o que pode contribuir para a seleção de materiais com objetivos específicos (FERRÃO et al., 2008; RODRIGUES et al., 2012).

Já foram observadas expressões de elevada variabilidade entre genótipos de cafeeiro Conilon, tanto fenotípica quanto genotípica (FONSECA et al., 2006; FERRÃO et al., 2008; RODRIGUES et al., 2012). Essa ressalva também é válida para estudos utilizando genótipos melhorados (oriundos de programas de melhoramento e que compõem cultivares recomendadas), nos quais já foram relatados a existência de elevada diversidade genética para diferentes características, tais como respostas a estresses e eficiências nutricionais (COLODETTI et al., 2014; MARTINS et al., 2013), crescimento inicial após o arqueamento da muda em altitude de transição (RODRIGUES et al., 2017), taxa de crescimento vegetativo mensal (RODRIGUES et al., 2016a) e parâmetros nutricionais em resposta à seca (STARLING et al., 2019).

Com base nas Tabelas 2 e 3, observou-se a formação de dois grupos de médias para o DCO; três grupos para o CRO, DCP e RMG; quatro grupos de médias para o NRP, ANG, CRP, NFR, AFR e AFD; cinco grupos para o ACO, CIP e MST; e sete grupos de médias entre os genótipos para o REN e PGG. Dentre todas as características, houve maior homogeneidade entre as médias de DCO, em que a diferenciação se restringiu a apenas dois grupos estatisticamente distintos (Tabela 2). É possível afirmar inicialmente que essa foi a característica que apresentou a menor expressão de variabilidade dentro do conjunto de características estudadas ao longo do experimento. Essa constatação também foi levantada para a menor variabilidade entre genótipos de cafeeiro Conilon quanto à severidade do ataque do bicho mineiro (RODRIGUES et al., 2015).

Tabela 2. Comprimento do ramo ortotrópico mediano (CRO; m), diâmetro do caule do ramo ortotrópico mediano (DCO; mm); diâmetro médio da projeção da copa das plantas (DCP; m),

altura da copa do ramo ortotrópico mediano (ACO; cm), número de ramos plagiotrópicos do ramo ortotrópico mediano (NRP; unidades), ângulo médio de inserção do ramo plagiotrópico no ramo ortotrópico (ANG; °) e comprimento do ramo plagiotrópico (CRP; cm) de 27 genótipos de *Coffea canephora* na região Sul do Estado do Espírito Santo (Castelo-ES).

Genótipo	CRO	DCO	DCP	ACO	NRP	ANG	CRP
101	2,68 c	46,2 b	3,15 a	109,8 d	66,7 b	68,0 a	85,6 a
102	3,02 b	50,4 a	3,32 a	121,8 c	66,5 b	52,8 c	77,1 c
103	2,88 b	53,0 a	3,08 a	111,6 d	64,6 b	50,8 c	78,5 c
104	2,70 c	51,8 a	2,80 b	103,4 e	61,5 c	54,2 c	80,2 b
105	2,88 b	50,6 a	3,10 a	119,2 c	66,5 b	42,9 d	74,4 c
106	2,85 b	43,7 b	3,00 a	111,3 d	58,0 c	62,3 b	82,2 b
107	3,35 a	53,7 a	3,28 a	125,0 b	71,8 a	53,3 c	92,7 a
108	3,05 b	50,0 a	3,31 a	128,3 b	62,3 b	60,1 b	87,2 a
109	2,64 c	48,8 a	2,98 a	103,7 e	57,0 c	50,1 c	68,5 d
201	2,65 c	43,7 b	3,15 a	110,7 d	67,0 b	59,0 b	79,9 b
202	3,04 b	41,1 b	2,80 b	101,0 e	50,0 d	52,6 c	74,4 c
203	2,55 c	43,0 b	3,25 a	96,7 e	52,7 d	63,2 a	68,7 d
204	2,45 c	41,1 b	2,40 c	109,8 d	57,2 c	45,8 d	76,9 c
205	2,85 b	47,8 b	2,95 a	116,9 c	63,5 b	58,3 b	76,1 c
206	2,80 b	46,5 b	3,25 a	127,2 b	72,8 a	57,5 b	74,4 c
207	3,00 b	51,6 a	3,45 a	139,9 a	56,2 c	58,5 b	91,7 a
208	2,55 c	45,4 b	2,80 b	107,9 d	50,0 d	47,3 d	74,3 c
209	2,91 b	41,6 b	3,13 a	100,1 e	60,7 c	58,9 b	75,3 c
301	3,20 a	44,8 b	3,30 a	120,9 c	59,5 c	65,1 a	86,5 a
302	2,95 b	46,8 b	3,10 a	128,3 b	57,2 c	65,9 a	83,4 b
303	2,83 b	44,4 b	3,05 a	111,8 d	54,1 d	53,2 c	78,7 c
304	2,88 b	46,5 b	3,05 a	120,5 c	61,2 c	58,3 b	63,5 d
305	2,98 b	46,4 b	3,30 a	118,1 c	57,8 c	71,4 a	71,7 d
306	2,55 c	47,7 b	2,45 c	107,9 d	62,3 b	53,4 c	79,7 b
307	2,68 c	46,7 b	2,98 a	103,8 e	59,8 c	65,2 a	73,7 c
308	3,15 a	50,3 a	2,90 b	121,8 c	60,7 c	58,3 b	80,6 b
309	2,88 b	46,8 b	3,10 a	115,6 c	66,0 b	67,1 a	71,0 d

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna (comparação entre genótipos) não diferem entre si pelo critério de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Na maturação dos frutos da quarta colheita, notou-se que os genótipos 107, 301 e 308 apresentaram o maior CRO, em que o 107 e o 301, juntamente com maioria dos demais genótipos, também apresentaram maiores diâmetros de projeção da copa das plantas (DCP). Nessa análise, apenas os genótipos 204 e 306 formaram menores DCP, o que pôde ser associado ao menor CRO desses genótipos. O genótipo 308 foi o único com maior CRO e valor intermediário de DCP, indicando um dossel mais fechado dessas plantas (Tabela 2). Genótipos com menores CRO e maiores DCP podem indicar um dossel mais aberto, associado às maiores inclinações de seus ramos ortotrópicos. Nesses casos, a carga pendente de frutos pode ficar mais exposta à radiação solar e ocasionar perdas de produtividade por escaldadura.

Maior ACO foi observado para o genótipo 207, porém o mesmo não foi observado para o NRP dessas copas, o que indica maior comprimento de internódio no ramo vertical desse genótipo. Maiores médias de NRP foram obtidas nos genótipos 107 e 206 (Tabela 2).

Os genótipos 105, 204 e 208 apresentaram os menores ANG, indicando inserção mais ereta dos ramos plagiotrópicos nos ramos verticais. Já os genótipos 101, 203, 301, 302, 305, 307 e 309 apresentaram os maiores ANG (Tabela 2). O ângulo de inserção pode atuar na disposição dos ramos plagiotrópicos ao longo da copa, bem como na denominação do formato dessa copa (AVELAR et al., 2013).

Os maiores CRP foram observados nos genótipos 101, 107, 108, 207 e 301 (Tabela 2), em que o maior CRP esteve associado ao maior CIP apenas para o genótipo 301 (Tabela 3). Menores distâncias entre os nós dos ramos plagiotrópicos foram observadas nos genótipos 102, 103 e 105 (Tabela 3). Os genótipos 108 e 207 foram os que apresentaram maiores NFR, enquanto o 102, 105, 107, 204, 209 e 304 formaram menos frutos por roseta (Tabela 3).

Tabela 3. Comprimento do internódio do ramo plagiotrópico (CIP; cm), número de frutos por roseta (NFR; unidades), área foliar do ramo plagiotrópico (AFR; cm²), área foliar disponível por fruto (AFD; cm² fruto⁻¹), produção de massa seca total do ramo plagiotrópico (MST; g), proporção de massa seca alocada nos frutos (RMG; %), rendimento de grãos (REN; %) e porcentagem de grãos retidos em peneira chato 17 e acima (PGG; %) de 27 genótipos de *Coffea canephora* na região Sul do Estado do Espírito Santo (Castelo-ES).

Genótipo	CIP	NFR	AFR	AFD	MST	RMG	REN	PGG
101	3,72 c	13,9 c	962 c	6,53 b	68,0 d	78,0 a	4,40 d	4,2 g
102	3,25 e	11,4 d	1107 b	7,84 a	62,5 e	69,7 c	4,46 c	2,3 g
103	2,94 e	14,0 c	1206 a	7,34 a	74,1 d	72,1 b	4,05 e	16,9 e
104	3,33 d	16,6 b	1127 b	5,85 c	87,7 b	74,4 b	3,83 e	8,9 f
105	3,16 e	12,7 d	1037 b	6,35 b	71,7 d	77,2 a	3,63 f	43,1 c
106	3,59 c	15,9 b	1129 b	5,38 c	73,3 d	71,9 b	4,44 c	0,6 g
107	3,94 c	12,4 d	1118 b	6,96 b	71,4 d	72,1 b	4,32 d	6,4 g
108	4,10 b	21,2 a	1032 b	4,10 d	99,4 a	80,3 a	4,56 c	22,5 e
109	3,61 c	16,7 b	739 d	4,07 d	78,4 c	82,1 a	5,32 a	16,0 e
201	3,90 c	17,2 b	1055 b	6,02 c	88,6 b	79,9 a	3,96 e	50,6 b
202	4,13 b	15,0 b	954 c	7,33 a	66,1 d	76,1 a	4,21 d	21,8 e
203	4,69 a	14,3 c	797 d	7,36 a	46,8 e	67,3 c	4,33 d	19,9 e
204	3,41 d	11,3 d	877 c	8,74 a	56,6 e	72,9 b	3,87 e	67,0 a
205	3,69 c	13,1 c	893 c	6,36 b	65,6 d	79,7 a	4,12 e	32,5 d
206	3,47 d	15,8 b	965 c	5,78 c	69,1 d	75,5 a	4,07 e	18,5 e
207	4,28 b	19,2 a	1255 a	5,59 c	78,9 c	70,2 c	4,58 c	2,2 g
208	4,02 b	15,4 b	968 c	5,96 c	82,9 c	79,7 a	4,51 c	28,6 d
209	3,70 c	11,7 d	959 c	7,59 a	54,4 e	74,2 b	4,37 d	21,6 e
301	4,55 a	16,5 b	997 c	6,74 b	64,3 d	67,4 c	3,94 e	13,0 f
302	4,93 a	15,2 b	865 c	6,33 b	55,3 e	69,1 c	4,14 e	14,5 f
303	3,67 c	17,7 b	963 c	4,54 d	91,4 b	78,4 a	4,65 c	19,6 e
304	3,42 d	12,0 d	842 d	6,49 b	67,1 d	74,2 b	4,46 c	27,4 d
305	3,83 c	13,5 c	705 d	6,50 b	57,2 e	75,5 a	3,20 g	13,4 f
306	3,50 d	15,2 b	880 c	5,03 d	72,2 d	77,8 a	4,02 e	16,9 e
307	3,76 c	14,6 c	830 d	6,64 b	58,5 e	73,2 b	3,67 f	13,8 f
308	3,84 c	14,2 c	910 c	5,95 c	68,3 d	77,5 a	4,30 d	12,7 f
309	3,49 d	13,4 c	897 c	6,65 b	60,2 e	74,8 b	4,82 b	19,8 e

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna (comparação entre genótipos) não diferem entre si pelo critério de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Para a AFR, maiores médias foram observadas nos genótipos 103 e 207, enquanto as menores estiveram presentes em ramos plagiotrópicos das plantas dos genótipos 109, 203, 304, 305 e 307. Desses genótipos (menores AFR), apenas o 203 participou do grupo com as maiores AFD, indicando que a quantidade de frutos em seus ramos laterais foi proporcionalmente menor do que os demais genótipos, em relação a área foliar disponível em seus ramos, resultando nas maiores estimativas de AFD (Tabela 3). Os genótipos com as maiores AFD foram o 102, 103, 202, 203, 204 e 209, enquanto as menores médias foram observadas no 108, 109, 303 e 306 (Tabela 3). Entre os genótipos com os maiores NFR, o 207 foi capaz de gerar um resultado intermediário para a AFD, isso porque dispôs de maior AFR. O mesmo não ocorreu para o 108, visto que sua área foliar foi um pouco menor, resultando em limitações na AFD (Tabela 3).

Valores muito baixos de AFD podem indicar uma priorização do desenvolvimento dos frutos em detrimento do desenvolvimento das estruturas vegetativas, uma vez que os frutos são os drenos mais fortes (CHAVES et al., 2012). Entretanto, para genótipos altamente produtivos, que formam plantas com grande número de frutos, a AFD pode ser consideravelmente menor. Nessas condições, é possível encontrar aumentos consideráveis nas taxas fotossintéticas causados por estímulos dos drenos prioritários (frutos), que podem compensar a menor AFD com a elevação temporária da eficiência da maquinaria fotossintética na área disponível nos momentos de elevada demanda metabólica (DaMATTA et al., 2008).

O genótipo 108 foi o que produziu maior MST dos ramos plagiotrópicos, sendo principalmente devido à maior quantidade de frutos em seus ramos (em média 252 frutos), além de maior proporção da MST alocada nos frutos (RMG). Os genótipos 102, 203, 204, 209, 302, 305, 307 e 309 apresentaram as menores produções de MST. Além disso, o 102, 203 e 302 foram aqueles que destinaram as menores RMG (Tabela 3).

Ressaltam-se os genótipos com maiores RMG: 101, 105, 108, 109, 201, 202, 205, 206, 208, 303, 305, 306 e 308. Já foram relatadas maiores proporções de massa alocada nos frutos e menores áreas foliares disponíveis por fruto no cafeeiro Arábica (RODRIGUES et al., 2016b; COLODETTI et al., 2018), podendo estar associado ao aumento do depauperamento das plantas ou mesmo à acentuação do efeito da bienalidade de produção (DaMATTA et al., 2007). No entanto, essa situação pode ser modificada com a intervenção da poda, alterando as relações fonte:dreno e renovando o aparato fotossintético do cafeeiro (PEREIRA et al., 2013).

Com relação ao rendimento (REN), notou-se maior média para o genótipo 109. Porém, esse resultado se resume na necessidade de maior quantidade de “café da roça” para formar uma amostra de café beneficiado. A menor média de REN foi observada para o genótipo 305, com uma razão de 3,20 partes de “café da roça” para uma parte de café beneficiado (Tabela 3).

No cafeeiro Conilon há relatos do uso da relação de rendimento de 4:1 para cálculos de produtividade (VERDIN FILHO et al., 2014). Porém, essa é uma característica muito influenciada pelo fator genotípico (confirmado pelos dados de parâmetros genéticos do presente estudo), levando a comportamentos distintos entre os genótipos (RAMALHO et al., 2016), além de poder ser modulada por fatores ambientais diversos.

Ao considerar a porcentagem de grãos retidos nas peneiras chato 17 e acima (PGG), notou-se que apenas o genótipo 204 integrou o grupo de maiores médias, enquanto os genótipos 101, 102, 106, 107 e 207 formaram o grupo com as menores médias. Resultados relevantes também foram observados para os genótipos 201 e 105, visto que apresentaram 50,6 e 43,1% de PGG, respectivamente.

De modo geral, a variabilidade entre os genótipos para características de crescimento, biometria e aspectos produtivos foi suficiente para expressar comportamentos heterogêneos, que permitiram agrupar os genótipos quanto a diferentes características agrônômicas na região do estudo, mesmo que estes genótipos tenham sido oriundos de programas de melhoramento genético. Outros estudos já reportaram o comportamento diferencial entre genótipos melhorados de *C. canephora* para a taxa de crescimento, enfolhamento e produção de biomassa nos estádios iniciais do crescimento das plantas (SILVA et al., 2013; MARTINS et al., 2013; 2015; COLODETTI et al., 2014; 2015; MENEZES-SILVA et al., 2015; RODRIGUES et al., 2017). O uso de caracteres morfoagronômicos tem contribuído eficientemente para o estudo da variabilidade entre genótipos de diversas espécies (GHOSH et al., 2013; ROY et al., 2013), inclusive para espécies de café (IVOGLO et al., 2008; RODRIGUES et al., 2012; 2016a; 2017; GUEDES et al., 2013). No cafeeiro Arábica, foi verificado que o comportamento diferencial para características de crescimento vegetativo se mostrou eficiente para a seleção de genótipos baseada no determinismo genético (FREITAS et al., 2007).

Pela análise conjunta dos dados de produtividade dos genótipos nas quatro primeiras colheitas, observou-se efeito significativo para a interação destes fatores pelo teste F, em nível de 5% de probabilidade, evidenciando o comportamento dos genótipos ao longo das colheitas (Tabela 4). Os coeficientes de variação associados aos genótipos (CV_P) e às colheitas (CV_S) estiveram abaixo de 20%, sendo considerados adequados para a experimentação com o cafeeiro Conilon (FERRÃO et al., 2008).

Devida atenção é necessária quando há interação significativa na análise de variância conjunta, pois indica a importância das variações temporais nos dados analisados e a necessidade de estudos de adaptabilidade e estabilidade dos genótipos (RODRIGUES et al., 2012). Com base nas magnitudes dos quadrados médios dos fatores, observou-se que o tempo

acumulou efeito mais expressivo do que as diferenças entre os genótipos para os dados de produtividade (PROD) (Tabela 4), o que resultou em valores muito superiores para o componente quadrático da variância associado à subparcela ($\hat{\sigma}_s^2$), em relação ao componente quadrático da variância associado à parcela ($\hat{\Phi}_p$). No entanto, coeficiente de determinação genotípica (H^2) apresentou valor relativamente alto, indicando menor efeito do ambiente na expressão do fenótipo (Tabela 4). Essa observação ajuda a demonstrar que, mesmo sendo amplamente influenciada pelo tempo, a produtividade apresenta considerável relação com o genótipo, conforme já relatado para o cafeeiro Arábica (TEIXEIRA et al., 2013) e cafeeiro Conilon (RAMALHO et al., 2016).

Tabela 4. Resumo da análise de variância e estimativa de parâmetros genéticos para a produtividade (PROD; sc ha⁻¹) em quatro colheitas de 27 genótipos de *Coffea canephora* na região Sul do Estado do Espírito Santo (Castelo-ES, safras 2016-2019).

Fonte de variação	GL ⁽¹⁾	PROD (sc ha ⁻¹)		
		Quadrado Médio	Parâmetros genéticos	
Bloco	3	388,0878	$\hat{\Phi}_p$ ⁽²⁾	192,3146
Genótipos (P)	26	4371,2945**	$\hat{\sigma}_s^2$ ⁽³⁾	891,1517
Resíduo a	78	149,7597	$\hat{\sigma}_{ps}^2$ ⁽⁴⁾	275,5280
Colheitas (S)	3	96379,0774**	H^2 ⁽⁵⁾	70,3918
Interação (P × S)	78	1279,1962**	CV_g ⁽⁶⁾	21,4554
Resíduo b	243	134,6951	CV_p ⁽⁷⁾	18,9334
Média geral		64,6351	CV_s ⁽⁸⁾	17,9559

** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ⁽¹⁾ grau de liberdade; ⁽²⁾ componente quadrático da variância associada à parcela (genótipo); ⁽³⁾ componente quadrático da variância associado à subparcela (colheita); ⁽⁴⁾ componente quadrático da variância associado à interação; ⁽⁵⁾ coeficiente de determinação genotípica; ⁽⁶⁾ coeficiente de variação genética; ⁽⁷⁾ coeficiente de variação da parcela; ⁽⁸⁾ coeficiente de variação da subparcela.

Esses resultados reforçam a necessidade de estudos ao longo do tempo para atribuir confiabilidade aos dados de produtividade, haja vista a recomendação de no mínimo quatro colheitas para o estudo do comportamento produtivo de genótipos de cafeeiro Conilon (FONSECA et al., 2004).

Ao analisar o desdobramento do fator genótipo em cada nível do fator colheita, foi possível compreender o comportamento produtivo dos materiais em cada safra. Na primeira colheita, notou-se a menor diferenciação entre os genótipos, sendo obtida a formação de apenas dois grupos de médias. Em contrapartida, maior diferenciação foi observada na segunda colheita através da obtenção de sete grupos distintos de PROD entre os genótipos. Na terceira colheita foi observada a formação de cinco grupos de médias, enquanto na quarta colheita se observou seis grupos entre os genótipos (Tabela 5).

Tabela 5. Comportamento da produtividade (PROD; sc ha⁻¹) de 27 genótipos de *Coffea canephora* em cada uma das quatro primeiras safras produtivas (1ª colheita, 2ª colheita, 3ª colheita e 4ª colheita) na região Sul do Estado do Espírito Santo (Castelo-ES, safras 2016-2019).

Genótipo	PROD (sc ha ⁻¹)				Média de quatro colheitas (sc ha ⁻¹)
	1ª colheita	2ª colheita	3ª colheita	4ª colheita	
101	20,8 b	82,5 e	67,6 c	77,0 c	62,0
102	26,5 a	51,5 g	70,2 c	45,8 e	48,5
103	20,1 b	66,7 f	103,3 b	101,4 b	72,9
104	21,8 b	79,9 e	117,5 a	63,5 d	70,7
105	30,4 a	83,0 e	72,0 c	87,8 c	68,3
106	15,0 b	123,0 c	65,9 c	61,6 d	66,4
107	22,6 b	81,1 e	86,6 b	65,2 d	63,9
108	36,3 a	167,2 a	123,4 a	85,2 c	103,0
109	26,1 a	101,2 d	78,3 c	78,2 c	71,0
201	48,2 a	137,9 b	120,8 a	107,4 b	103,6
202	18,2 b	77,9 e	54,6 d	44,4 e	48,8
203	12,2 b	46,8 g	43,2 e	17,6 f	29,9
204	27,5 a	111,7 c	60,1 d	45,3 e	61,1
205	24,1 b	102,4 d	103,8 b	60,2 d	72,6
206	24,1 b	60,6 f	94,6 b	138,1 a	79,3
207	9,6 b	83,3 e	74,1 c	65,8 d	58,2
208	21,2 b	115,6 c	88,4 b	78,9 c	76,0
209	18,9 b	89,3 e	51,6 d	46,9 e	51,7
301	13,3 b	62,5 f	91,5 b	86,0 c	63,3
302	8,6 b	70,5 e	82,5 c	75,1 c	59,2
303	14,9 b	105,8 d	97,2 b	60,6 d	69,6
304	16,6 b	95,2 d	81,3 c	68,6 d	65,4
305	11,1 b	44,8 g	69,9 c	64,0 d	47,4
306	23,0 b	90,1 e	89,6 b	86,7 c	72,3
307	8,9 b	62,6 f	35,3 e	22,6 f	32,3
308	35,1 a	101,6 d	72,4 c	79,6 c	72,2
309	12,0 b	45,8 g	81,8 c	82,1 c	55,4

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na comparação entre os genótipos (coluna), não diferem entre si pelo critério de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Na primeira colheita foi possível constatar maior PROD para os genótipos 102, 105, 108, 109, 201, 204 e 308. Na segunda colheita, a maior PROD foi obtida pelo 108, enquanto as menores foram apresentadas pelos genótipos 102, 203, 305 e 309. Na terceira colheita sobressaíram os genótipos 104, 108 e 201, enquanto menores PROD foram observadas para o 203 e 307. Na quarta colheita o genótipo 206 foi o mais produtivo, e novamente as menores produções foram geradas pelos genótipos 203 e 307 (Tabela 5).

Notou-se que o genótipo 108 integrou o grupo de maiores médias de PROD em três colheitas, enquanto o genótipo 307 esteve três vezes no grupo de menores médias. Já o genótipo 203 integrou o grupo de menores PROD em todas as quatro colheitas (Tabela 5). Esses dados reforçam a menor capacidade produtiva e adaptabilidade desses genótipos (203 e 307) nas condições do estudo.

Ao analisar o desdobramento do fator colheita em cada nível do fator genótipo, notou-se

uma ampla variabilidade de resposta. No geral, as menores PROD foram obtidas na primeira colheita, tendo em vista a idade das plantas neste momento específico (menos de 24 meses). Alguns genótipos mantiveram a capacidade produtiva após a segunda colheita (101, 105, 207, 302 e 306), enquanto outros apresentaram picos de PROD na segunda colheita (106, 108, 109, 201, 202, 204, 208, 209, 304, 307 e 308), na terceira (102 e 104) ou na quarta colheita (206) (Figura 1).

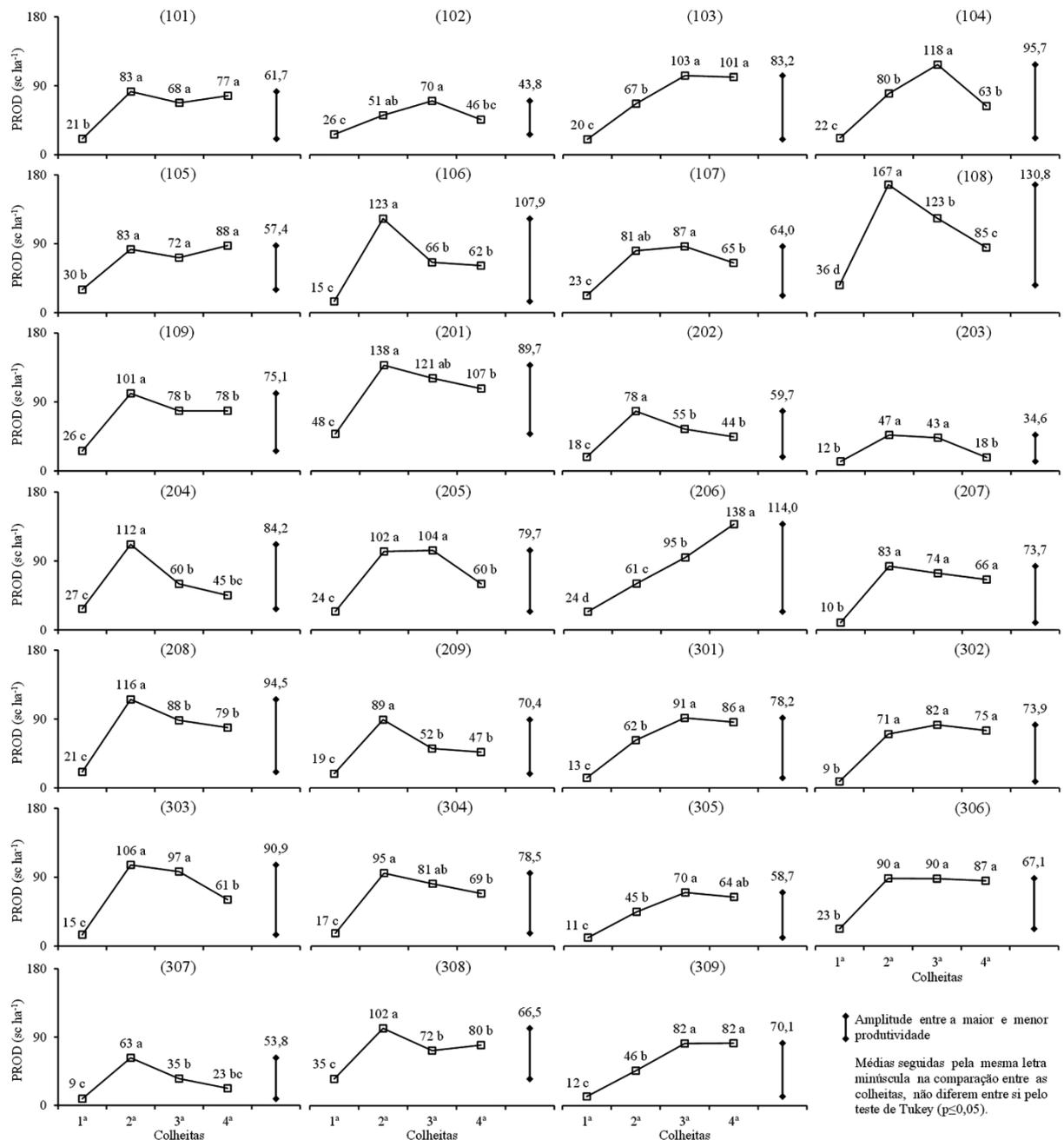


Figura 1. Comportamento da produtividade (PROD; sc ha⁻¹) de 27 genótipos de *Coffea canephora* ao longo das quatro primeiras safras produtivas (1^a colheita, 2^a colheita, 3^a colheita

e 4ª colheita) na região Sul do Estado do Espírito Santo (Castelo-ES, safras 2016-2019).

Para a maioria dos genótipos que apresentaram picos de produções em determinadas colheitas (segunda ou terceira), notou-se uma considerável diminuição da capacidade produtiva para as safras seguintes, sendo isto um indício de esgotamento das estruturas consideradas como fonte de fotoassimilados, das reservas energéticas e depauperamento dos ramos ortotrópicos (DaMATTA, 2004; DaMATTA et al., 2007; CHAVES et al., 2012), demonstrando a necessidade de intervenções com as podas (PEREIRA et al., 2013; VERDIN FILHO et al., 2014).

Com base na amplitude de produção observada entre a menor e a maior PROD para cada genótipo, pôde-se ter uma noção sobre a estabilidade produtiva dos materiais ao longo das quatro primeiras colheitas. Os genótipos com as maiores produtividades médias ao longo das quatro colheitas foram o 108 e 201 (103,0 e 103,6 sc ha⁻¹, respectivamente). Porém, com base na amplitude, notou-se que o genótipo 201 se manteve mais estável do que o 108, com valor de amplitude (89,7 sc ha⁻¹) menor que o valor médio de produtividade (103,6 sc ha⁻¹). Nesse mesmo raciocínio, os genótipos 101, 102, 105, 107, 201, 306 e 308 também apresentaram valores de amplitude produtiva menores ou iguais à média de produtividade ao longo das colheitas, sendo este um indicativo de maior estabilidade produtiva dos materiais. Em contrapartida, os genótipos 106, 108 e 206 apresentaram as maiores amplitudes, visto que variaram de 27,8 a 41,5 sc ha⁻¹ a mais que a média de produtividade. Por fim, observou-se valores de amplitude ligeiramente maiores que a média de produtividade para os genótipos 103, 109, 203, 205 e 304 (Figura 1). Esse comportamento diferencial para a capacidade produtiva dos genótipos ao longo das quatro primeiras colheitas indica como a variabilidade genética entre eles foi expressiva (RODRIGUES et al., 2013).

Estudos do desempenho produtivo de genótipos ao longo do tempo são de fundamental importância para caracterizar o comportamento da produtividade, de modo a permitir a seleção eficiente de genótipos capazes de alcançar produtividades mais elevadas e estáveis ao longo do tempo, o que configuraria um bom indício de adaptação às condições de cultivo de uma determinada região (CILAS et al., 2011).

CONCLUSÕES

Há expressão de variabilidade entre os 27 genótipos de cafeeiro Conilon para as características biométricas da copa das plantas e dos ramos plagiotrópicos, para o rendimento e

classificação de grãos e para a capacidade produtiva ao longo das quatro primeiras colheitas na região Sul do Estado do Espírito Santo.

O rendimento, a classificação de grãos, a altura da copa, o comprimento do internódio do ramo plagiotrópico e a produção de massa seca total do ramo plagiotrópico são as características agronômicas que permitem maior separação de comportamentos diferentes e o agrupamento dos genótipos melhorados de cafeeiro Conilon.

Dentre os genótipos avaliados na região Sul do Estado do Espírito Santo, nota-se que os genótipos 108 e 201 são os mais produtivos na média das quatro colheitas, com destaque para o 201 ao mostrar menor amplitude de variação da produtividade ao longo dos anos avaliados. Os genótipos 203 e 307 apresentam as menores produtividades, enquanto o genótipo 106 apresenta a maior amplitude de produção em relação à média de produtividade.

REFERÊNCIAS

AVELAR, R. C.; BOTELHO, C. E.; SILVA, F. M.; DIAS, R. E. B. A.; SANTOS, M. C.; MEIRELLES, A. L. Determinação de características desejáveis do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) para a colheita mecanizada. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 8., 2013, Salvador, BA. **Anais...** Salvador: EMBRAPA CAFÉ, 2013. p. 1-5.

BARROS, R. S.; MAESTRI, M.; VIEIRA, M.; BRAGA-FILHO, L. J. Determinação de área de folhas do café (*Coffea arabica* L. cv. 'Bourbon Amarelo'). **Revista Ceres**, v. 20, n. 107, p. 44-52, 1973.

BELAN, L. L.; JESUS JUNIOR, W. C.; SOUZA, A. F.; ZAMBOLIM, L.; TOMAZ, M. A.; ALVES, F. R.; FERRÃO, M. A. G.; AMARAL, J. F. T. Monitoring of leaf rust in Conilon coffee clones to improve fungicide use. **Australasian Plant Pathology**, v. 44, n. 1, p. 5-12, 2015.

BIKILA, B. A.; SAKIYAMA, N. S. Estimation of Genetic Parameters in *Coffea canephora* Var. Robusta. **Advances in Crop Science and Technology**, v. 5, n. 5, 2017.

CARIAS, C. M. O. M.; GRAVINA, G. A.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G.; VIVAS, M.; VIANA, A. P. Predição de ganhos genéticos via modelos mistos em progênies de café Conilon. **Coffee Science**, v. 11, n. 1, p. 39-45, 2016.

CARVALHO, A. M. D.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, G. R.; BOTELHO, C. E.;

GONÇALVES, F. M. A.; FERREIRA, A. D. Correlação entre crescimento e produtividade de cultivares de café em diferentes regiões de Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 3, p. 269-275, 2010.

CARVALHO, A. M. D.; MENDES, A. N. G.; REZENDE, F. V.; BOTELHO, C. E.; CARVALHO, G. R.; FERREIRA, A. D. Seleção de progênies de cafeeiros do grupo Catucaí. **Coffee Science**, v. 11, n. 2, p. 244-254, 2016.

CAVATTE, P. C.; OLIVEIRA, A. A. G.; MORAIS, L. E.; MARTINS, S. C. V.; SANGLARD, L. M. V. P.; DaMATTA, F. M. Could shading reduce the negative impacts of drought on coffee? A Morphophysiological Analysis. **Physiologia Plantarum**, v. 144, p. 111-122, 2012.

CHARRIER, A.; BERTHAUD, J. Botanical classification of Coffee. In: CLIFFORD, M. N.; WILLSON, K. C. **Coffee: botany, biochemistry, and production of beans and beverage**. London: Crom Helm, 1985. p. 13-47.

CHAVES, A. R. M.; MARTINS, S. C.; BATISTA, K. D.; CELIN, E. F.; DaMATTA, F. M. Varying leaf-to-fruit ratios affect branch growth and dieback, with little to no effect on photosynthesis, carbohydrate or mineral pools, in different canopy positions of field-grown coffee trees. **Environmental and Experimental Botany**, v. 77, p. 207-218, 2012.

CILAS, C.; MONTAGNON, C.; BAR-HEN, A. Yield stability in clones of *Coffea canephora* in the short and medium term: longitudinal data analyses and measures of stability over time. **Tree Genetics & Genomes**, v. 7, n. 2, p. 421-429, 2011.

CLIMATE-DATA.ORG. **Clima**: Castelo-ES. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/espírito-santo/castelo-43566/?amp=true>>. Acesso em: 06 de novembro de 2019.

COLODETTI, T. V.; RODRIGUES, W. N.; MARTINS, L. D.; BRINATE, S. V. B.; TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T.; VERDIN FILHO, A. C. Nitrogen availability modulating the growth of improved genotypes of *Coffea canephora*. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, p. 3150-3156, 2015.

COLODETTI, T. V.; RODRIGUES, W. N.; MARTINS, L. D.; TOMAZ, M. A. Differential tolerance between genotypes of Conilon coffee (*Coffea canephora*) to low availability of nitrogen in the soil. **Australian Journal of Crop Science**, v. 8, p. 1648-1657, 2014.

COLODETTI, T. V.; TOMAZ, M. A.; RODRIGUES, W. N.; VERDIN FILHO, A. C.; CAVATTE, P. C.; REIS, E. F. Arquitetura da copa do cafeeiro Arábica conduzido com diferentes números de ramos ortotrópicos. **Revista Ceres**, v. 65, p. 415-423, 2018.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra Brasileira: café**. Brasília: Conab, 2019. 61p.

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

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2003. 585p.

DALCOMO, J. M.; VIEIRA, H. D.; FERREIRA, A.; LIMA, W. L.; FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; PARTELLI, F. L. Evaluation of genetic divergence among clones of Conilon coffee after scheduled cycle pruning. **Genetics and Molecular Research**, v. 14, n. 4, p. 15417-15426, 2015.

DaMATTA, F. M.; AVILA, R. T.; CARDOSO, A. A.; MARTINS, S. C. V.; RAMALHO, J. D. C. Physiological and agronomic performance of the coffee crop in the context of climate change and global warming: A review. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 66, p. 5264-5274, 2018.

DaMATTA, F. M. Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: a review. **Field Crops Research**, v. 86, p. 99-114, 2004.

DaMATTA, F. M.; CUNHA, R. L.; ANTUNES, W. C.; MARTINS, S. C. V.; ARAUJO, W. L.; FERNIE, A. R.; MORAES, G. A. B. K. In field grown coffee trees source-sink manipulation alters photosynthetic rates, independently of carbon metabolism, via alterations in stomatal function. **New Phytologist**, v. 178, n. 2, p. 348-357, 2008.

DaMATTA, F. M.; RONCHI, C. P.; MAESTRI, M.; BARROS, R. S. Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, n. 4, p. 485-510, 2007.

FERRÃO, R. G.; CRUZ, C. D.; FERREIRA, A.; CECON, P. R.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; CARNEIRO, P. C. S.; SILVA, M. F. Parâmetros genéticos em café Conilon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 61-69, 2008.

FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; De MUNER, L. H. **Conilon Coffee**, 3rd edition updated and expanded. Vitória: Incaper, 2019. p. 973p.

FONSECA, A. F. A.; SEDIYAMA, T.; CRUZ, C. D.; SAKAIYAMA, N. S.; FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; BRAGANÇA, S. M. Genetic divergence in Conilon coffee. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 4, p. 599-605, 2006.

FONSECA, A. F. A.; SEDIYAMA, T.; CRUZ, C. D.; SAKIYAMA, N. S.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; BRAGANÇA, S. M. Repeatability and number of harvest required for selection in robusta coffee. **Crop breeding and applied biotechnology**, v. 4, n. 3, p. 325-329, 2004.

FREITAS, Z. M. T. S.; OLIVEIRA, F. J. O.; CARVALHO, S. P.; SANTOS, V. F.; SANTOS, J. P. O. Avaliação de caracteres quantitativos relacionados com o crescimento vegetativo entre cultivares de café Arábica de porte baixo. **Bragantia**, v. 66, n. 2, p. 267-275, 2007.

GHOSH, R. K.; SREEWONGCHAI, T.; NAKASATHIEN, S.; PHUMICHAI, C. Phenotypic variation and the relationships among jute (*Corchorus species*) genotypes using morpho-agronomic traits and multivariate analysis. **Australian Journal of Crop Science**, v. 7, n. 6, p. 830-842, 2013.

GILES, J. A. D.; PARTELLI, F. L.; FERREIRA, A.; RODRIGUES, J. P.; OLIOSI, G.; LIMA, F. H. Genetic diversity of promising Conilon coffee clones based on morpho-agronomic variables. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, n. 2, p. 2437-2446, 2018.

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

GUEDES, J. M.; VILELA, D. J. M.; REZENDE, J. C.; SILVA, F. L.; BOTELHO, C. E.; CARVALHO, S. P. Divergência genética entre cafeeiros do germoplasma Maragogipe. **Bragantia**, v. 72, n. 2, p. 127-132, 2013.

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION – ICO. **Dados Históricos**. ICO, 2019. Disponível em: <http://www.ico.org/pt/new_historical_p.asp?section=Estat%EDstica> Acesso em: 02 de dezembro de 2019.

IVOGLO, M. G.; FAZUOLI, L. C.; OLIVEIRA, A. C. B.; GALLO, P. B.; MISTRO, J. C.; SILVAROLLA, M. B.; TOMA-BRAGHINI, M. Divergência genética entre progênies de café robusta. **Bragantia**, v. 67, n. 4, p. 823-831, 2008.

LEITE, W. S.; PAVAN, B. E.; MATOS FILHO, C. H. A.; ALCANTARA NETO, F.; OLIVEIRA, C. B.; FEITOSA, F. S. Estimativas de parâmetros genéticos, correlações e índices de seleção para seis caracteres agronômicos em linhagens F8 de soja. **Comunicata Scientiae**, v. 7, n. 3, p. 302-310, 2016.

LIMA FILHO, T.; DELLA LUCIA, S. M.; SARAIVA, S. H.; LIMA, R. M. 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, p. 333-339, 2015.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação**: princípios e métodos. Viçosa, MG: UFV, 2006. 318p.

MARTINS, L. D.; RODRIGUES, W. N.; MACHADO, L. S.; BRINATE, S. V. B.; COLODETTI, T. V.; AMARAL, J. F. T.; TOMAZ, M. A. Evidence of genetic tolerance to low availability of phosphorus in the soil among genotypes of *Coffea canephora*. **Genetics and Molecular Research**, v. 14, n. 3, p. 10576-10587, 2015.

MARTINS, L. D.; TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T.; BRAGANÇA, S. M.; MARTINEZ, H. E. P.; REIS, E. F.; RODRIGUES, W. N. Nutritional efficiency in clones of Conilon coffee for phosphorus. **Journal of Agricultural Science**, v. 5, p. 130-140, 2013.

MENEZES-SILVA, P. E.; CAVATTE, P. C.; MARTINS, S. C. V.; REIS, J. V.; PEREIRA, L. F.; ÁVILA, R. T.; ALMEIDA, A. L.; VENTRELLA, M. C.; DaMATTA, F. M. Wood density, but not leaf hydraulic architecture, is associated with drought tolerance in clones of *Coffea canephora*. **Trees**, v. 1, p. 1-11, 2015.

PEREIRA, S. P.; BALIZA, D. P.; SANTOS, M. O.; ALVES, J. D.; GUIMARÃES, R. J. Influência do espaçamento de cultivo em duas épocas de poda nos teores caulinares de carboidratos em cafeeiros. **Coffee Science**, v. 8, n. 4, p. 460-468, 2013.

RAMALHO, A. R.; ROCHA, R. B.; SOUZA, F. F.; VENEZIANO, W.; TEIXEIRA, A. L. Progresso genético da produtividade de café beneficiado com a seleção de clones de cafeeiro 'Conilon'. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 3, p. 516-523, 2016.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. A. B. P. **Genética na agropecuária**. 3. ed. Lavras: UFLA, 2004. 472p.

RODRIGUES, W. N.; COLODETTI, T. V.; BRINATE, S. V. B.; MARTINS, L. D.; TOMAZ, M. A. Genetic variability for sprout growth among genotypes of *Coffea canephora* led by bending of orthotropic stems. **Genetics and Molecular Research**, v. 16, p. 1-12, 2017.

RODRIGUES, W. N.; COLODETTI, T. V.; MARTINS, L. D.; BRINATE, S. V. B.; TOMAZ, M. A. Biometric evaluation of monthly growth rate as a criterion to study the genetic diversity in *Coffea canephora*. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 28, p. 2499-2507, 2016a.

RODRIGUES, W. N.; TOMAZ, M. A.; FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A. Diversity among genotypes of Conilon coffee selected in Espírito Santo state. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 6, p. 1643-1650, 2015.

RODRIGUES, W. N.; TOMAZ, M. A.; FERRÃO, M. A. G.; MARTINS, L. D.; COLODETTI, T. V.; BRINATE, S. V. B.; AMARAL, J. F. T.; SOBREIRA, F. M.; APOSTÓLICO, M. A. Biometry and diversity of Arabica coffee genotypes cultivated in a high density plant system. **Genetics and Molecular Research**, v. 15, p. 1-12, 2016b.

RODRIGUES, W. N.; TOMAZ, M. A.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; MIRANDA, F. D. Estimativa de parâmetros genéticos de grupos de clones de café Conilon. **Coffee Science**, v. 7, p. 177-186, 2012.

RODRIGUES, W. N.; TOMAZ, M. A.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; MARTINS, L. D. Crop yield bienniality in groups of genotypes of Conilon coffee. **African Journal of Agricultural Research**, v. 8, p. 4422-4426, 2013.

ROY, S.; ISLAM, M. A.; SARKER, A.; MALEK, M. A.; RAFII, M. Y.; ISMAIL, M. R. Determination of genetic diversity in lentil germplasm based on quantitative traits. **Australian Journal of Crop Science**, v. 7, n. 1, p. 14-21, 2013.

SILVA, F. L.; BAFFA, D. C. F.; REZENDE, J. C.; OLIVEIRA, A. C. B.; PEREIRA, A. A.; CRUZ, C. D. Variabilidade genética entre genótipos de café robusta no estado de Minas Gerais. **Coffee Science**, v. 10, n. 1, p. 20-27, 2015.

SILVA, P. E. M.; CAVATTE, P. C.; MORAIS, L. E.; MEDINA, E. F.; DaMATTA, F. M. The functional divergence of biomass partitioning, carbon gain and water use in *Coffea canephora* in response to the water supply: implications for breeding aimed at improving drought tolerance. **Environmental and Experimental Botany**, v. 87, p. 49-57, 2013.

STARLING, L. C. T.; MARTINS, L. D.; RODRIGUES, W. N.; REINICKE, T. M.; COLODETTI, T. V.; AMARAL, J. F. T.; PARTELLI, F. L.; TOMAZ, M. A.; ESPINDULA, M. C. Genetic diversity in nutritional parameters in response to drought of *Coffea canephora* cultivated in Rondonia state, Brazil. **Genetics and Molecular Research**, v. 18, n. 2, p. e18300, 2019.

TAQUES, R. C.; DADALTO, G. G. Agroclimatic Zoning for Conilon Coffee Culture in the State of Espírito Santo. In: In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; DeMUNER, L. H. **Conilon Coffee**. 3rd edition updated and expanded. Vitória: Incaper, 2019. p. 70-83.

TEIXEIRA, A. L.; SOUZA, F. F.; PEREIRA, A. A.; OLIVEIRA, A. C. B.; ROCHA, R. B. Performance of Arabica coffee cultivars under high temperature conditions. **African Journal of Agricultural Research**, v. 8, n. 33, p. 4402-4407, 2013.

TEIXEIRA, O. R.; PASSOS, F. R.; MENDES, F. Q. Qualidade físico-química e microscópica de 14 marcas comerciais de café torrado e moído. **Coffee Science**, v. 11, n. 3, p. 395-402, 2016.

VASCONCELOS, E. S.; REIS, M. S.; SEDIYAMA, T.; CRUZ, C. D. Estimativas de parâmetros genéticos da qualidade fisiológica de sementes de genótipos de soja produzidas em diferentes regiões de Minas Gerais. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, p. 65-76, 2012.

VERDIN FILHO, A. C.; TOMAZ, M. A.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; RODRIGUES, W. N. Conilon coffee yield using the programmed pruning cycle and different cultivation densities. **Coffee Science**, v. 9, n. 4, p. 489-494, 2014.

CAPÍTULO 2

VARIABILIDADE DO DESEMPENHO FOTOSINTÉTICO DE GENÓTIPOS DE *Coffea canephora* MELHORADOS PARA QUALIDADE DE BEBIDA E PRODUTIVIDADE

RESUMO

Diante da ampla heterogeneidade natural observada na espécie *Coffea canephora*, objetivou-se estudar a variabilidade do desempenho fotossintético de 27 genótipos de cafeeiro Conilon melhorados para qualidade de bebida e produtividade, cultivados na região Sul do Estado do Espírito Santo. O campo experimental foi implantado em 2014 com os 27 genótipos de cafeeiro Conilon componentes das cultivares clonais: “Diamante ES8112”, “Jequitibá ES8122” e “Centenária ES8132”. O desempenho fotossintético dos genótipos foi baseado na mensuração das trocas gasosas e teores de clorofila no período mais favorável à atividade das plantas (entre 8 e 11 horas da manhã), durante diferentes etapas do ciclo reprodutivo (florescimento, chumbinho, granação e maturação dos frutos); sendo expressas como a média (ponderada pelo número de dias) das trocas gasosas máximas amostradas no período matutino e nos estádios fenológicos do florescimento até a maturação dos frutos da safra 2017/2018. Foi possível verificar a existência de variabilidade suficiente para diferenciar o desempenho fotossintético entre os 27 genótipos ao longo do ciclo reprodutivo, mesmo partindo de um grupo de genótipos melhorados. Das características fisiológicas, a taxa de assimilação de carbono, a condutância estomática e a taxa de transpiração se destacaram como parâmetros para estudo da variabilidade, principalmente devido às suas contribuições no agrupamento dos genótipos. Destacou-se o genótipo 108 por apresentar elevada taxa fotossintética associada a maiores teores de clorofila, bem como razoável eficiência de uso da água. Os genótipos 205, 206 e 305 se destacaram pelos resultados em termos de eficiência instantânea de carboxilação, de uso da água e assimilação de carbono.

Palavras-chave: Cafeeiro Conilon. Cultivares. Diversidade genética. Fotossíntese. Trocas gasosas.

**VARIABILITY OF PHOTOSYNTHETIC PERFORMANCE AMONG GENOTYPES
OF *Coffea canephora* IMPROVED FOR BEVERAGE QUALITY AND CROP YIELD**

ABSTRACT

Taking into consideration the high heterogeneity observed in the species *Coffea canephora*, this study had the objective of evaluating the variability for photosynthetic performance of 27 genotypes of Conilon coffee, improved for beverage quality and crop yield, cultivated in the Southern Region of the Espírito Santo State. The competition field was implanted in 2014, with the 27 genotypes Conilon coffee components of the clonal cultivars: “Diamante ES8112”, “Jequitibá ES8122” and “Centenária ES8132”. The photosynthetic performance of the genotypes was based on the measurement of gas exchange rates and chlorophyll contents in the period most favorable to the photosynthetic activity of the plants (between 8 and 11 a.m.), during different stages of the reproductive cycle: flowering, fruit initiation (pellet-like berry), grain formation and fruit maturation; being expressed as the average (weighted by the number of days) of the maximum gas exchanges sampled in the morning period and along the phenological stages of flowering until the fruit maturation of the 2017/2018 cycle. It was possible to verify the existence of sufficient variability to differentiate the photosynthetic performance among the 27 genotypes throughout the reproductive cycle, even starting from a group of already improved genotypes. Among the physiological parameters, the rate of carbon assimilation, stomatal conductance and the transpiration rate stood out as parameters for the study of variability, mainly due to their contributions to the clustering of genotypes. The genotype 108 is highlighted due to its high photosynthetic rate, associated with higher chlorophyll content, as well as a reasonable water use efficiency. The genotypes 205, 206 and 305 stood out in terms of instant efficiency of carboxylation, of water use, and carbon assimilation.

Keywords: Conilon coffee. Cultivars. Gas exchange. Genetic diversity. Photosynthesis.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de café, com produção oriunda, principalmente, das espécies *Coffea arabica* Lineu (cafeeiro Arábica) e *C. canephora* Pierre ex A. Froehner (cafeeiro Conilon). Em função da importância da cafeicultura para a economia brasileira, pesquisas têm sido desenvolvidas e avanços científicos estão sendo alcançados, principalmente através do melhoramento genético de ambas as espécies (BORÉM; MIRANDA, 2005).

O conhecimento científico constantemente desenvolvido e aprimorado para o cafeeiro Conilon, tem permitido a recomendação de novas cultivares a partir do agrupamento de

genótipos (FERRÃO et al., 2019), visto que grandes avanços vêm sendo obtidos na área do melhoramento genético e estudos da variabilidade (FERRÃO et al., 2008; RODRIGUES et al., 2012; 2015), crescimento e fisiologia (DaMATTA et al., 2003; 2007), nutrição e eficiência nutricional (MARTINS et al., 2013; COLODETTI et al., 2014), entre outros. A elevada variabilidade fenotípica e genotípica dessa espécie, tem possibilitado a seleção de materiais com características específicas, como exemplo a alta produtividade, tolerância à seca e ciclo de maturação definido (FONSECA et al., 2006; FERRÃO et al., 2008; RODRIGUES et al., 2012; 2013).

O conhecimento do desempenho fotossintético dos genótipos de Conilon pode contribuir no desenvolvimento de cultivares clonais mais eficientes em termos fisiológicos e produtivos, capazes de evitar o envelhecimento prematuro ou tolerar condições de déficit hídrico. Por exemplo: genótipos com controle deficiente da taxa transpiratória e da condutância estomática ao déficit hídrico e altas temperaturas podem ser mais susceptíveis à desidratação rápida em caso de seca (RONCHI; DaMATTA, 2019). Ao se conhecer o desempenho fisiológico das plantas, problemas como esse podem ser contornados no momento da escolha do material genético a ser plantado.

Sabe-se que as taxas fotossintéticas do cafeeiro Conilon e Arábica são relativamente baixas, e que as grandes resistências à difusão do CO₂ (estomática e mesofílica) são os principais mecanismos responsáveis por tal resultado (MARTINS et al., 2014). No entanto, no Conilon, devido à provável menor sensibilidade estomática à demanda evaporativa do ar, é possível que haja maior manutenção da absorção cumulativa de CO₂ ao longo do dia (RONCHI; DaMATTA, 2019), podendo contribuir para as maiores produções observadas nessa espécie quando comparadas às do Arábica. Também é lícito inferir que o Conilon é capaz de apresentar maiores acúmulos de amido nas folhas, sem a ocorrência de retroinibição metabólica da fotossíntese (MORAIS et al., 2012).

Elevadas produtividades de alguns genótipos de Conilon podem estar associadas às maiores taxas fotossintéticas da planta inteira, dependente da manutenção de área foliar sadia e da arquitetura de copa capaz de otimizar os processos fotossintéticos (RONCHI; DaMATTA, 2019). Isto posto, ressalta-se a necessidade do conhecimento sobre o comportamento fotossintético dos genótipos de café Conilon e a expressão da variabilidade como possíveis características a serem levadas em consideração nos programas de melhoramento de plantas para o desenvolvimento de novas cultivares.

Objetivou-se estudar a variabilidade do desempenho fotossintético de 27 genótipos de cafeeiro Conilon, que compõem três cultivares clonais melhoradas para qualidade de bebida e

produtividade.

MATERIAL E MÉTODOS

Condições de cultivo e desenho experimental

O campo experimental foi conduzido no município de Castelo, Sul do Estado do Espírito Santo, Região Sudeste do Brasil, coordenadas geográficas 20°34'19,6"S 41°18'51,7"W, altitude de 126 m e relevo plano no local do estudo, com acumulado de precipitação anual médio de 1098 mm e temperatura média anual de 24,2 °C. No período experimental (agosto de 2017 a julho de 2018), verificou-se acumulado de 1375 mm de chuva, 23,9 °C de temperatura média e 143 dias de chuva, conforme apresentado na Figura 1.

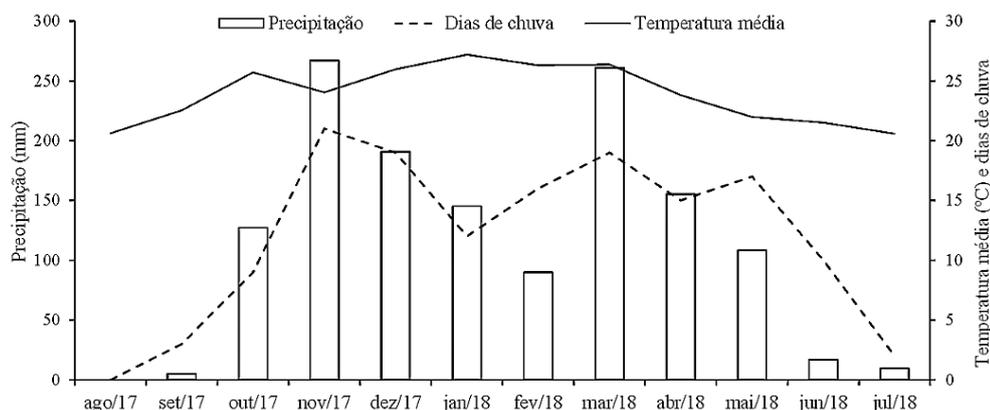


Figura 1. Caracterização meteorológica do clima local com dados mensais de precipitação acumulada, dias de chuva e temperatura média, no período de agosto de 2017 a julho de 2018 (Castelo-ES).

O experimento foi conduzido em lavoura implantada em agosto de 2014 no espaçamento de $3,0 \times 1,0$ m (3333 plantas ha^{-1}), e as plantas conduzidas com três ramos ortotrópicos (9999 ramos ha^{-1}), o que proporcionou uma população de plantas e de ramos dentro do recomendado para o cultivo de cafeeiro Conilon (FERRÃO et al., 2019). A irrigação do experimento foi feita por aspersão em malha, ocorrendo no momento em que a tensão de retenção de água no solo (medida por tensiômetros) correspondeu à tensão entre 36 e 26 kPa, a fim de retornar a umidade do solo à capacidade de campo. Desde o plantio, os tratos culturais foram realizados de acordo com as recomendações para a cultura do café Conilon no Estado do Espírito Santo (FERRÃO et al., 2019).

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, com quatro

repetições, nas quais os tratamentos consistiram dos 27 genótipos de cafeeiro Conilon. Cada parcela experimental foi composta por duas plantas.

Genótipos utilizados no estudo

Os 27 genótipos de cafeeiro Conilon utilizados no estudo foram aqueles que compõem três cultivares clonais certificadas no Brasil pelo SNPC (Serviço Nacional de Proteção de Cultivares), sendo eles: nove genótipos de maturação precoce da cultivar “Diamante ES8112” (número de certificação SNPC: 20140103), referidos no estudo como 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108 e 109; nove genótipos de maturação intermediária da cultivar “Jequitibá ES8122” (número de certificação SNPC: 20140104), denominados como 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208 e 209; e nove genótipos de maturação tardia da cultivar “Centenária ES8132” (número de certificação SNPC: 20140102), denominados como 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308 e 309.

Essas cultivares clonais foram desenvolvidas e registradas pelo Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), e são resultados de arranjos compatíveis, caracterizados pela alta produtividade e qualidade de bebida (FERRÃO et al., 2019). As mudas dos genótipos foram selecionadas para compor um grupo homogêneo quanto ao tamanho, enfolhamento, aspectos fitossanitários e nutricionais, sendo adquiridas em viveiro certificado. Quando essas mudas apresentaram três ou quatro pares de folhas totalmente desenvolvidas, realizou-se o plantio no campo.

A diferença entre os ciclos de maturação dos referidos genótipos consiste no período compreendido entre a antese e a colheita, sendo, em média, de 34 semanas para genótipos precoces; 41 semanas para genótipos intermediários; e 45 semanas para genótipos tardios (BRAGANÇA et al., 2001).

Avaliação do desempenho fotossintético

Em duas plantas da parcela experimental, foram marcados dois ramos plagiotrópicos de primeira produção (2017/2018) localizados na porção mediana da copa do cafeeiro. Em uma folha madura e sadia de cada ramo (terceiro/quarto par de folhas a partir do ápice do ramo), procedeu-se as análises do desempenho fotossintético, por meio de dez leituras em cada folha.

Avaliou-se a taxa de assimilação líquida de CO₂ (A ; $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (g_s ; $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), taxa de transpiração (E ; $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), concentração subestomática de CO₂ (C_i ; $\mu\text{mol mol}^{-1}$), eficiência instantânea do uso da água (A/E ; $\mu\text{mol mmol}^{-1}$), eficiência intrínseca do uso da água (A/g_s ; $\mu\text{mol mol}^{-1}$) e eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i ; mol

$\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Para isso, medições pontuais foram realizadas com analisador de gases por infravermelho (IRGA Licor 6400XT), em dias sem nebulosidade; no horário entre 8 e 11 horas da manhã. A radiação fotossinteticamente ativa foi padronizada em $1000 \mu\text{mol}$ (fótons) $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e a concentração de CO_2 na câmara em $420 \mu\text{mol mol}^{-1}$, de modo a fornecer uma concentração de CO_2 próxima ao limite máximo recentemente observado na atmosfera (415,26 ppm) (NOAA, 2019). Nas mesmas folhas e horário, procedeu-se a análise dos teores de clorofila *a* (Chl *a*; ICF), clorofila *b* (Chl *b*; ICF), relação clorofila *a/b* (Chl *a/b*) e clorofila total (Chl *a+b*; ICF), utilizando um clorofilômetro (ClorofiLOG® Falker modelo FL1030).

As avaliações foram realizadas em quatro estádios do ciclo reprodutivo do cafeeiro: (i) florescimento, (ii) chumbinho, (iii) granação e (iv) maturação dos frutos. Na Tabela 1 consta o tempo dessas avaliações ao longo do ciclo (começando no estádio de florescimento).

Tabela 1. Estádios fenológicos e períodos de tempo entre as avaliações do desempenho fotossintético dos 27 genótipos de *Coffea canephora* (Castelo, Espírito Santo, Brasil, 2017-2018).

Genótipos (Ciclo de maturação)	Dias após o florescimento			
	1ª avaliação (Florescimento)	2ª avaliação (Chumbinho)	3ª avaliação (Granação)	4ª avaliação (Maturação)
101 ao 109 (Precoce)	0	112	194	274
201 ao 209 (Intermediário)	0	112	194	313
301 ao 309 (Tardio)	0	112	194	348

Essas avaliações permitiram apresentar os valores de trocas gasosas obtidas no período do dia favorável à maior atividade fotossintética das plantas de cafeeiro Conilon. Com isso, calculou-se a média ponderada de A , g_s , E , C_i , A/g_s , A/E , A/C_i , Chl *a*, Chl *b*, Chl *a/b* e Chl *a+b* para cada genótipo, obtida pela divisão entre a área abaixo da curva (calculada com base nas avaliações realizadas nos quatro diferentes estádios do ciclo reprodutivo) e o número total de dias do período de avaliações (274 para os genótipos precoces; 313 para os intermediários; e 348 para os tardios). Dessa forma, o desempenho fotossintético dos genótipos foi baseado na mensuração das trocas gasosas no período mais favorável à atividade das plantas, durante diferentes etapas do seu ciclo reprodutivo; sendo expressas como a média (ponderada pelo número de dias) das trocas gasosas máximas amostradas no período matutino (entre 8 e 11 horas da manhã) e nos estádios fenológicos do florescimento até a maturação dos frutos.

Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, de modo a identificar a

existência de diferenças significativas entre os genótipos e para cada parâmetro do desempenho fotossintético. Na presença de diferenças significativas, utilizou-se o critério de Scott-Knott para análise das médias dos genótipos (5% de probabilidade).

Os parâmetros genéticos foram estimados utilizando o modelo individual: $Y_{ij} = \mu + B_j + G_i + \varepsilon_{ij}$. Em que Y_{ij} representa o valor fenotípico da ij -ésima observação; μ representa a média geral; B_j representa o efeito do j -ésimo bloco; G_i é o efeito fixo do i -ésimo genótipo; e ε_{ij} é o erro experimental. Para o cálculo dos parâmetros genéticos, utilizou-se dos métodos descritos por Cruz e Carneiro (2003), sendo eles: variância média fenotípica ($\hat{\sigma}_p^2$), variância média ambiental ($\hat{\sigma}_e^2$), componente quadrático da variabilidade genotípica ($\hat{\phi}_g$), coeficiente de determinação genotípica (H^2), coeficiente de variação genética (CV_g) e índice de variação (CV_g/CV).

As variáveis determinadas A , g_s , E , C_i , $Chl a$ e $Chl b$ foram selecionadas para estudar a divergência genética entre os genótipos por meio de análise multivariada, na qual a distância generalizada de Mahalanobis (D^2) foi utilizada como medida de dissimilaridade e a contribuição relativa de cada característica estimada a partir das médias padronizadas (SINGH, 1981). Posteriormente, procedeu-se a análise de agrupamento pelo método de otimização de Tocher por critérios de dissimilaridade, conforme descrito por Cruz e Carneiro (2003). A análise dos dados foi realizada utilizando o programa estatístico “GENES” (CRUZ, 2013).

RESULTADOS

Foram observadas diferenças significativas entre os genótipos de cafeeiro Conilon, pelo teste F, para todos os parâmetros fotossintéticos (Tabela 2).

As estimativas dos parâmetros genéticos mostraram que as médias de variância fenotípica ($\hat{\sigma}_p^2$) entre os genótipos foram geradas, principalmente, por maiores contribuições dos componentes quadráticos da variabilidade genotípica ($\hat{\phi}_g$), com exceção apenas para a variável $Chl a$, em que se observou maior efeito de variância ambiental ($\hat{\sigma}_e^2$). Com isso, os coeficientes de determinação genotípica (H^2) foram superiores a 80% para as características de A , g_s , E , C_i , A/g_s , A/E , $Chl b$ e $Chl a+b$, com destaque para A , g_s , E e A/g_s , pois apresentaram H^2 superior a 90%, demonstrando maior proporção da variância fenotípica atribuído ao componente quadrático da variabilidade genotípica. Além disso, observaram-se índices de variação (CV_g/CV) superiores a 1,00 em oito variáveis ($g_s > A/g_s > E > A > A/E > Chl b > Chl a+b > C_i$), o que indica uma situação favorável no estudo da diversidade genética empregando esses

parâmetros e aumento das chances de sucesso numa possível seleção de genótipos que visam melhorar esses parâmetros fotossintéticos (Tabela 2).

Tabela 2. Estimativa de parâmetros fenotípicos e genotípicos de 11 características de trocas gasosas e teores de clorofila de 27 genótipos de *Coffea canephora* (Castelo, Espírito Santo, Brasil, 2017-2018).

Parâmetro	$A^{(9)}$	$g_s^{(10)}$	$E^{(11)}$	$C_i^{(12)}$
$MS_{\text{genótipo}}^{(1)}$	3,506**	0,018**	0,814**	1511,932**
Média geral	6,020	0,169	2,230	314,500
$CV(\%)^{(2)}$	8,372	11,558	10,136	5,407
$\hat{\sigma}_p^{2(3)}$	0,876	0,004	0,203	377,983
$\hat{\sigma}_e^{2(4)}$	0,063	0,0001	0,012	72,305
$\hat{\phi}_g^{(5)}$	0,813	0,004	0,191	305,678
$H^{2(6)}$	92,755	97,842	93,724	80,871
$CV_g(\%)^{(7)}$	14,978	38,920	19,586	5,559
$CV_g/CV^{(8)}$	1,789	3,367	1,932	1,028
Parâmetro	$A/g_s^{(13)}$	$A/E^{(14)}$	$A/C_i^{(15)}$	$Chl\ a^{(16)}$
$MS_{\text{genótipo}}^{(1)}$	469,019**	0,447**	0,00003**	9,191*
Média geral	47,024	2,916	0,020	37,952
$CV(\%)^{(2)}$	8,975	8,390	15,822	5,685
$\hat{\sigma}_p^{2(3)}$	117,255	0,112	0,000009	2,298
$\hat{\sigma}_e^{2(4)}$	4,453	0,015	0,000003	1,164
$\hat{\phi}_g^{(5)}$	112,802	0,097	0,000006	1,134
$H^{2(6)}$	96,202	86,615	71,286	49,344
$CV_g(\%)^{(7)}$	22,585	10,672	12,465	2,805
$CV_g/CV^{(8)}$	2,516	1,272	0,788	0,493
Parâmetro	$Chl\ b^{(17)}$	$Chl\ a/b^{(18)}$	$Chl\ a+b^{(19)}$	
$MS_{\text{genótipo}}^{(1)}$	42,518**	0,259**	85,724**	
Média geral	23,243	2,027	61,196	
$CV(\%)^{(2)}$	10,974	14,945	6,400	
$\hat{\sigma}_p^{2(3)}$	10,629	0,065	21,431	
$\hat{\sigma}_e^{2(4)}$	1,626	0,023	3,835	
$\hat{\phi}_g^{(5)}$	9,003	0,042	17,596	
$H^{2(6)}$	84,698	64,567	82,105	
$CV_g(\%)^{(7)}$	12,909	10,087	6,854	
$CV_g/CV^{(8)}$	1,176	0,675	1,071	

** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ⁽¹⁾quadrado médio dos genótipos; ⁽²⁾coeficiente de variação; ⁽³⁾variância média fenotípica; ⁽⁴⁾variância média ambiental; ⁽⁵⁾componente quadrático da variabilidade genotípica; ⁽⁶⁾coeficiente de determinação genotípico; ⁽⁷⁾coeficiente de variação genética; ⁽⁸⁾índice de variação; ⁽⁹⁾assimilação líquida de CO₂; ⁽¹⁰⁾condutância estomática; ⁽¹¹⁾taxa de transpiração; ⁽¹²⁾concentração subestomática de CO₂; ⁽¹³⁾eficiência intrínseca de uso da água; ⁽¹⁴⁾eficiência instantânea de uso da água; ⁽¹⁵⁾eficiência instantânea de carboxilação; ⁽¹⁶⁾teor de clorofila a; ⁽¹⁷⁾teor de clorofila b; ⁽¹⁸⁾relação clorofila a/b; ⁽¹⁹⁾clorofila total.

Ao analisar os diferentes genótipos quanto às 11 características avaliadas, foi possível observar variabilidade suficiente para identificar diferenças fenotípicas, permitindo diferenciar grupos de genótipos com comportamento homogêneo para cada variável. Observou-se cinco grupos de médias para a taxa fotossintética; seis grupos para a condutância estomática e eficiência intrínseca do uso da água; sete grupos para a taxa de transpiração; quatro grupos para a eficiência instantânea de uso da água e de carboxilação; dois grupos para a concentração

subestomática de CO₂, clorofila *a* e relação clorofila *a/b*; e três grupos para clorofila *b* e clorofila total (Figura 2, 3 e 4). As variáveis determinadas g_s e E foram as que possibilitaram maior número de grupos entre os genótipos, atuando como características favoráveis para o estudo da divergência.

Para a taxa fotossintética, os genótipos 105 e 108 compuseram o grupo de maiores médias, enquanto os genótipos 202, 209 e 304 integraram o grupo com as menores médias de A (Figura 2a). Os genótipos 101 e 302 apresentaram as maiores médias de condutância estomática, enquanto que o 104, 106, 202, 203, 205, 206, 207, 209, 303, 304, 306, 307 e 309 compuseram o grupo com as menores médias (Figura 2b).

Quanto à taxa de transpiração, o genótipo 302 compôs o grupo de maior média e o genótipo 209 integrou o grupo de menor média (Figura 2c). Os materiais 101, 102, 103, 105, 107, 108, 109, 201, 202, 203, 204, 301 e 302 formaram o grupo de maiores médias para a concentração subestomática de CO₂, enquanto que os demais genótipos apresentaram as menores médias (Figura 2d).

Para a eficiência intrínseca do uso da água, o genótipo 305 integrou o grupo de maior média, enquanto que o grupo com as menores médias foi formado pelos genótipos 101, 102, 105, 108, 109 e 302 (Figura 3a). Já para a eficiência instantânea de uso da água, os genótipos 103, 205, 206, 208, 209, 303, 305 e 309 formaram o grupo com as maiores médias. O genótipo 302 formou o grupo com a menor média de A/E (Figura 3b). Para a eficiência instantânea de carboxilação, o grupo com as maiores médias foi formado pelos genótipos 108, 205, 206, 305 e 308. Já os genótipos 104, 202, 203, 209, 303 e 307 integraram o grupo com as menores médias (Figura 3c).

Quanto aos teores de clorofila *a*, o grupo de maiores médias foi formado pelos genótipos 101, 102, 104, 106, 108, 109, 201, 203, 205, 206, 207, 208, 301, 302, 303, 304, 305 e 306 (Figura 4a). Para a clorofila *b*, os genótipos 101, 102, 104, 106, 108, 109, 203, 205, 206, 208, 301, 302, 305 e 306 compuseram o grupo com as maiores médias. Já os genótipos 105, 202 e 308 integraram o grupo com menores teores de Chl *b* (Figura 4b).

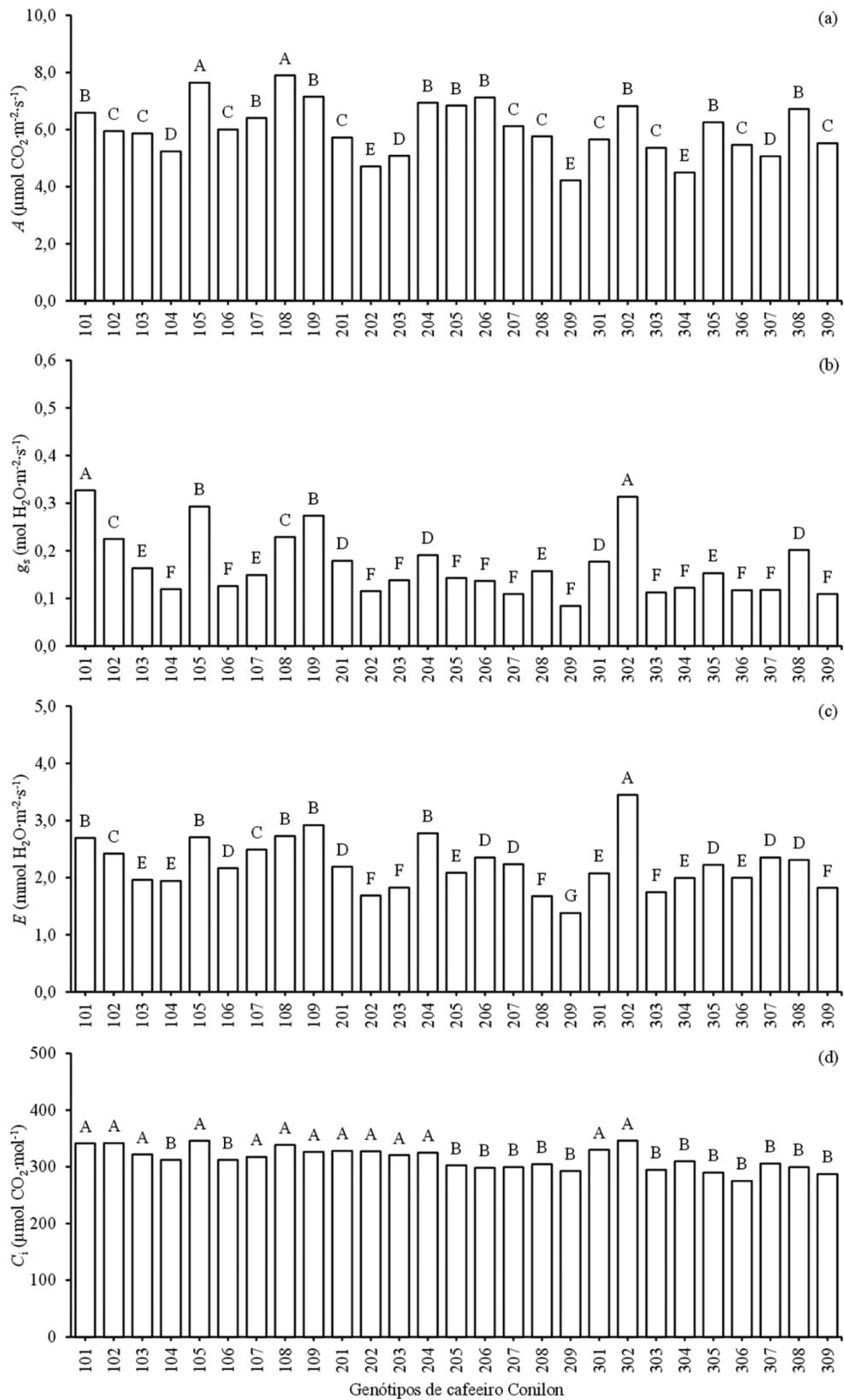


Figura 2. Média ponderada de leituras pontuais de assimilação líquida de CO₂ (a), condutância estomática (b), taxa de transpiração (c) e concentração subestomática de CO₂ (d) no horário mais favorável à atividade fotossintética (entre 8 e 11 horas da manhã) de 27 genótipos de

cafeeiro Conilon, ao longo do ciclo reprodutivo (Castelo, Espírito Santo, Brasil, 2017-2018).

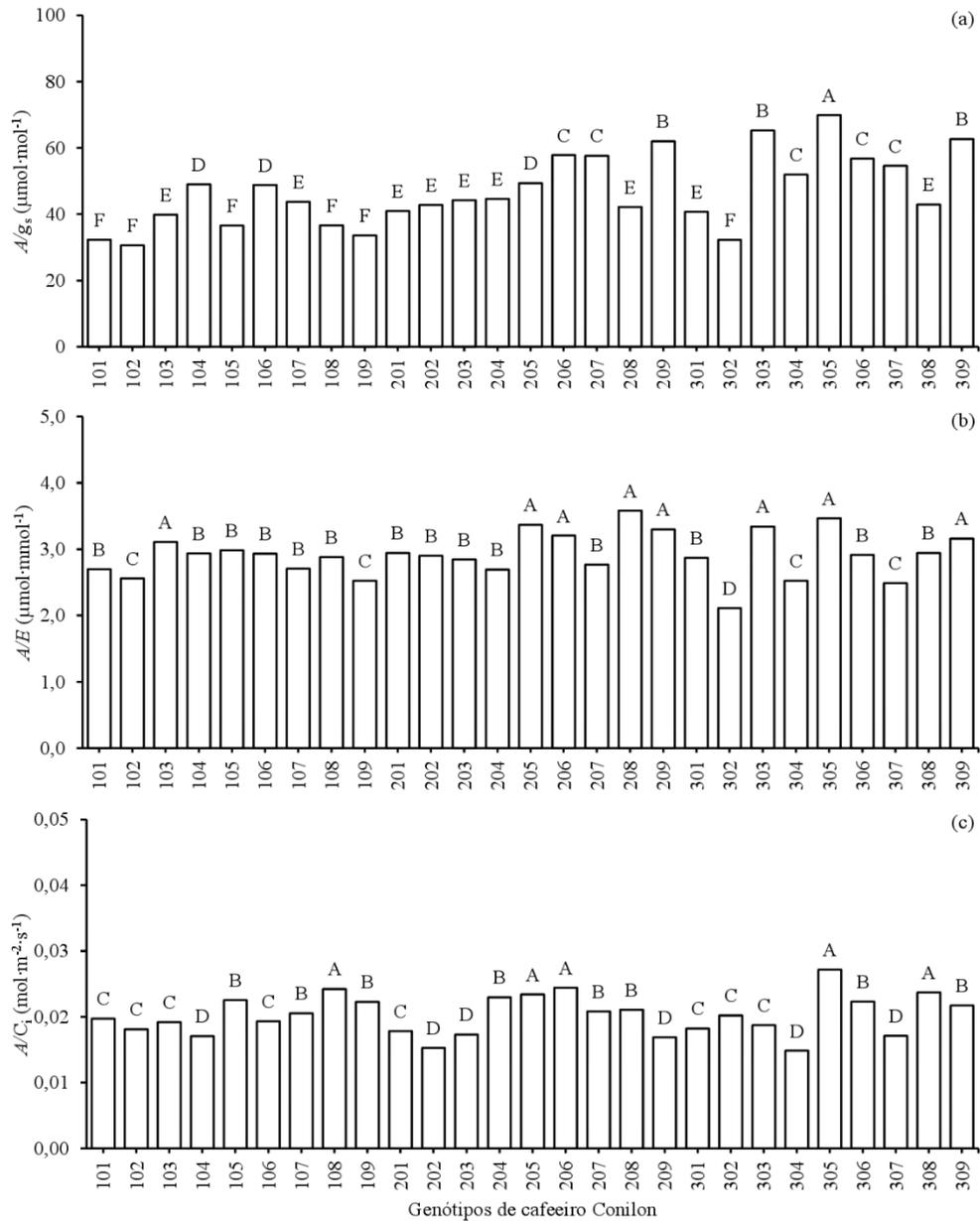


Figura 3. Média ponderada de leituras pontuais de eficiência intrínseca de uso da água (a), eficiência instantânea de uso da água (b) e eficiência instantânea de carboxilação (c) no horário mais favorável à atividade fotossintética (entre 8 e 11 horas da manhã) de 27 genótipos de cafeeiro Conilon, ao longo do ciclo reprodutivo (Castelo, Espírito Santo, Brasil, 2017-2018).

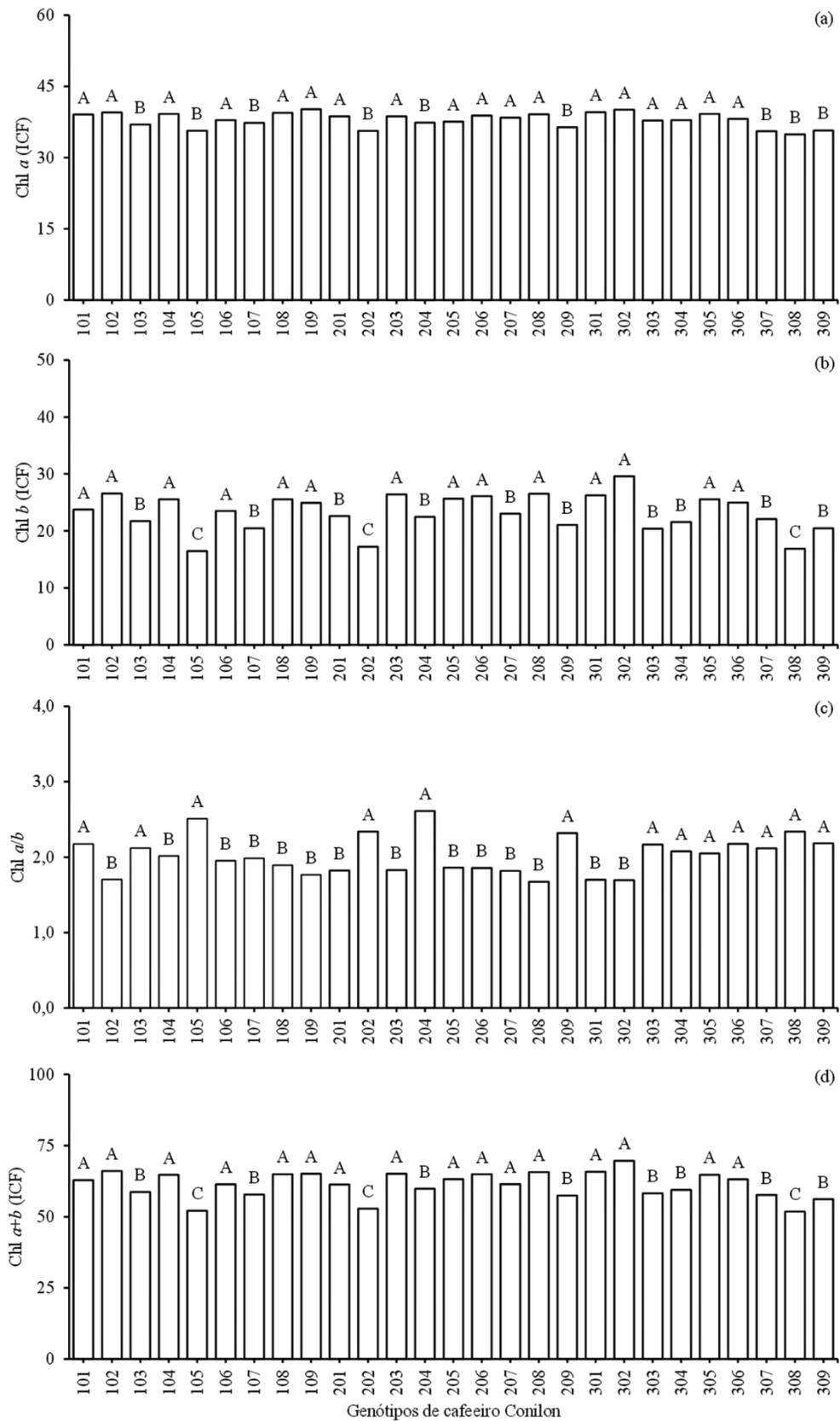


Figura 4. Média ponderada de leituras pontuais de clorofila *a* (a), clorofila *b* (b), relação clorofila *a/b* (c) e clorofila total (d) no horário mais favorável à atividade fotossintética (entre 8 e 11 horas da manhã) de 27 genótipos de cafeeiro Conilon, ao longo do ciclo reprodutivo

(Castelo, Espírito Santo, Brasil, 2017-2018).

Ao relacionar os teores de clorofila *a* e *b*, os genótipos 101, 103, 105, 202, 204, 209, 303, 304, 305, 306, 307, 308 e 309 integraram o grupo de maiores médias (Figura 4c). Por fim, os genótipos 101, 102, 104, 106, 108, 109, 201, 203, 205, 206, 207, 208, 301, 302, 305 e 306 compuseram o grupo com os maiores teores de clorofila total, enquanto os genótipos 105, 202 e 308 formaram o grupo com as menores médias (Figura 4d).

Com base nas características determinadas (*A*, *g_s*, *E*, *C_i*, Chl *a* e Chl *b*), foi possível estimar as medidas de dissimilaridade entre pares de genótipos, que variaram de 1,51 a 202,32, em que a distância máxima foi observada entre os genótipos 209 e 302 (oriundos de diferentes grupos de ciclo de maturação), e a menor distância entre os genótipos 303 e 309 (oriundos do mesmo grupo) (Tabela 3). Além disso, notou-se uma complexidade no comportamento entre os genótipos, independentemente dos ciclos de maturação aos quais pertencem.

Baseado na matriz de dissimilaridade de Mahalanobis, estimou-se a contribuição relativa de cada característica para a divergência genética entre os genótipos. Dessa forma, verificou-se que a *g_s* foi a variável analisada que mais contribuiu para a divergência. A ordem de contribuição das variáveis foi a seguinte: *g_s* (62,23%) > *E* (12,56%) > *A* (11,22%) > Chl *b* (9,62%) > *C_i* (4,01%) > Chl *a* (0,36). Assim como se observou maior número de grupos formados pelas variáveis *g_s* e *E* na comparação entre médias (estatística univariada), confirmou-se, pela análise multivariada, que foram essas as variáveis que mais contribuíram para a divergência genética entre os genótipos. A análise de agrupamento baseada na dissimilaridade entre os pares de genótipos (Tocher) permitiu observar a formação de dez grupos, de modo a existir homogeneidade dentro de cada grupo e heterogeneidade entre os grupos (Tabela 4).

Tabela 4. Agrupamento de 27 genótipos de *Coffea canephora* pelo método de otimização de Tocher, com base na distância generalizada de Mahalanobis (D^2) estimadas de características de trocas gasosas e teores de clorofila (Castelo, Espírito Santo, Brasil, 2017-2018).

Grupos	Genótipos
I	105, 108, 207, 302, 304
II	106, 107, 203, 205
III	109, 204
IV	201, 202, 305
V	206, 301, 308
VI	208, 209, 309
VII	303, 306
VIII	101, 102
IX	103, 104
X	307

Tabela 3. Medidas de dissimilaridade (D^2) entre pares de genótipos obtidas pela distâncias de Mahalanobis e estimadas com base no estudo de características de trocas gasosas (A , g_s , E e C_i) e teores de clorofila ($Chl a$ e $Chl b$) de 27 genótipos de cafeeiro Conilon (Castelo, Espírito Santo, Brasil, 2017-2018).

Genótipos	102	103	104	105	106	107	108	109	201	202	203	204	205	206	207	208	209	301	302	303	304	305	306	307	308	309
101	29	78	117	20	115	100	46	15	63	141	96	62	104	116	140	85	169	62	20	137	120	89	123	124	63	138
102		19	33	30	34	31	17	13	10	56	22	16	34	41	50	23	72	8	38	52	40	25	43	43	29	54
103			8	48	7	9	28	45	3	15	6	14	10	18	16	6	23	5	105	10	14	9	14	18	12	11
104				90	3	11	47	69	10	14	3	23	13	16	7	11	13	10	130	7	7	9	6	10	33	8
105					77	59	25	16	42	97	78	35	68	76	95	64	131	49	51	93	94	63	93	94	26	93
106						4	37	62	10	17	8	15	7	8	2	13	20	13	127	6	11	6	6	10	23	6
107							30	49	9	21	17	7	13	11	6	22	32	16	109	12	15	8	12	11	15	12
108								13	24	79	42	12	24	25	47	31	98	22	55	61	67	25	52	63	26	61
109									32	100	59	22	54	56	77	51	122	33	20	86	78	41	70	75	33	87
201										20	7	9	16	22	19	11	32	2	81	17	13	10	17	17	14	19
202											17	43	36	45	22	30	8	28	174	8	8	33	23	17	36	11
203												24	15	22	17	6	17	4	113	13	10	12	11	16	32	15
204													16	15	21	26	59	14	65	32	30	11	25	23	13	31
205														3	11	8	36	15	121	16	31	5	12	29	22	15
206															8	17	45	22	123	20	35	5	13	29	27	19
207																22	22	24	148	7	15	9	6	12	30	7
208																	28	7	113	16	25	9	14	33	24	18
209																		36	202	7	10	32	16	20	50	8
301																			78	23	19	10	19	24	23	25
302																				166	135	100	136	126	93	164
303																					9	14	7	15	26	2
304																						20	12	5	34	11
305																							5	18	17	13
306																								11	27	5
307																									33	12
308																										24

D^2 máximo: 202,32 (209 e 302); D^2 mínimo: 1,51 (303 e 309).

DISCUSSÃO

A diferenciação observada entre os genótipos de cafeeiro Conilon quanto às características do desempenho fotossintético pode ser explicada pela ampla variabilidade genética encontrada entre os materiais (FERRÃO et al., 2008; FONSECA et al., 2006) e confirmada pelos resultados obtidos das estimativas de parâmetros genéticos, o que permitiu o agrupamento dos genótipos em relação à performance fotossintética.

Diversos relatos na literatura demonstraram a existência de variabilidade entre os genótipos de *C. canephora* suficiente para o agrupamento quanto à biometria vegetal (FONSECA et al., 2006; RODRIGUES et al., 2017), ciclo de maturação (RODRIGUES et al., 2012; 2015), eficiência nutricional (MARTINS et al., 2013), resistência a doenças (BELAN et al., 2015), tolerância a estresses nutricionais (COLODETTI et al., 2014) e tolerância à seca (DaMATTA et al., 2003).

Por meio da análise do desempenho fotossintético também foi possível observar a importância de características fisiológicas no estudo da variabilidade genética entre genótipos de Conilon, principalmente com base nas variáveis g_s , E , A e A/g_s , visto que apresentaram os maiores coeficientes de determinação genotípica (H^2) e índices de variação (CV_g/CV). Adicionalmente, notou-se que esses parâmetros fotossintéticos foram os que mais contribuíram para a divergência genética baseada na dissimilaridade entre pares de genótipos, validando a possibilidade de serem utilizados em programas de avaliação de genótipos.

As maiores médias de fotossíntese (ponderada por leituras pontuais no horário matutino e pelo número de dias do florescimento à maturação dos frutos) foram obtidas por genótipos com ciclo de maturação precoce (genótipos 105 e 108), o que pode ser respaldado pela forte demanda por fotoassimilados para a formação dos frutos (drenos fortes), haja vista que dispõem de menos tempo para formarem os frutos em relação aos materiais de ciclos de maturação mais tardia (ciclo reprodutivo 74 dias menor) (MORAIS et al., 2012; PARTELLI et al., 2014). Porém, tais acréscimos em A foram sustentados por maiores g_s , E e C_i (MORAIS et al., 2012), ocasionando baixa eficiência intrínseca de uso da água e valores intermediários para a eficiência instantânea do uso da água. O genótipo 108 se destacou por apresentar maior eficiência instantânea de carboxilação e maior teor de clorofila total, em relação ao genótipo 105.

Os genótipos 205, 206, 305 apresentaram valores consideráveis de A , porém com menores g_s , E e C_i , o que possibilitou sustentar a assimilação de carbono com maior eficiência instantânea de uso da água transpirada, bem como maior eficiência instantânea de carboxilação e teores totais de clorofila, o que configura um importante resultado para seleção de materiais

genéticos com foco na eficiência fotossintética. O mesmo pôde ser observado para os genótipos 103, 207, 208, 303, 306 e 309, porém, com valores medianos de A .

Genótipos de Conilon eficientes no uso da água e com taxas fotossintéticas elevadas podem ser alternativas em programas de melhoramento genético para desenvolvimento de novas cultivares capazes de sustentar altas produtividades e tolerar condições de seca. Ressaltam-se genótipos tais como o 109 e 302 que, mesmo apresentando valores consideráveis de A , os acréscimos em g_s e E os levaram a menores eficiências de uso da água (A/g_s e A/E). Genótipos como esses podem ser pouco sensíveis às variações na demanda evaporativa e estar sujeitos à desidratação rápida em situações de seca (PINHEIRO et al., 2005).

Dentre os genótipos com as maiores C_i , ressaltam-se aqueles que integraram os dois primeiros grupos para A , tais como 101, 105, 107, 108, 109, 204 e 302. Para esses genótipos, a maior disponibilidade de substrato para a carboxilação (CO_2) pode ter sustentado, em parte, os acréscimos em A (AINSWORTH; ROGERS, 2007; KIRSCHBAUM, 2011). É reportado na literatura que, no geral, o cafeeiro apresenta menores valores de taxas fotossintéticas, em que a maior resistência à difusão do CO_2 nos estômatos e no mesófilo foliar atua como o principal mecanismo para explicar tais resultados (BATISTA et al., 2012; MARTINS et al., 2014; DaMATTA et al., 2016). Nesse contexto, os maiores valores de C_i associados a valores consideráveis de A (*i.e.*, 101, 105, 107, 108, 109, 204 e 302) podem ser indicativos de menores resistências à difusão do CO_2 .

Com base nos teores das clorofilas nas folhas, infere-se que as diferenciações nos valores de Chl $a+b$ sejam influenciadas mais expressivamente pelos teores de Chl b . No entanto, não foi possível notar relação direta entre os maiores teores de clorofila e maiores taxas de assimilação de carbono. Todavia, é sabido que a clorofila desempenha papel fundamental no processo de captação e transferência de energia luminosa na fotossíntese (STREIT et al., 2005; TAIZ et al., 2017). Destacam-se os genótipos 101, 305 e 306, que, mesmo demonstrando resultados razoáveis de A , foram aqueles que apresentaram os maiores valores de Chl a , Chl b , Chl a/b e Chl $a+b$.

Vale ressaltar a superioridade dos genótipos 105 e 108 para assimilação de carbono. Enquanto as maiores taxas apareceram associadas a maiores teores de clorofila para o genótipo 108, o mesmo não ocorreu para o genótipo 105. É provável que a força dos drenos (formação dos frutos no genótipo 105) tenha estimulado as trocas gasosas (FRANCK et al., 2006; MORAIS et al., 2012), assim como a demanda dos frutos pode ter ocasionado a degradação das moléculas de clorofila, com posterior remobilização de seus constituintes (principalmente nitrogenados) (AMARAL et al., 2001).

Outro ponto relevante diz respeito aos genótipos 202, 209 e 304, pois apresentaram os menores valores de A e teores relativamente baixos de Chl $a+b$, sendo este último ocasionado pela diminuição acentuada nos teores de Chl b , visto que os valores da relação Chl a/b foram elevados. É possível que essa diminuição nos teores dos pigmentos fotossintéticos nos tecidos foliares resulte numa menor absorção e uso de energia luminosa, o que pode diminuir a taxa de transporte de elétrons através dos fotossistemas (KRAUSE; WEIS, 1991), culminando em decréscimos na assimilação de CO_2 . Tal constatação já foi relatada no cafeeiro sob déficit hídrico (PELOSO et al., 2017).

Ao utilizar a análise multivariada, foi possível compreender o comportamento dos genótipos com base no estudo das características determinadas do desempenho fotossintético. Ao amostrar pares de genótipos com as maiores distâncias na matriz de dissimilaridade (e.g., $D^2 \geq 100$), notou-se que elas ocorreram em função de apenas quatro materiais: 101, 202, 209 e 302. Ao analisar as menores distâncias (e.g., $D^2 \leq 20$), percebeu-se que ocorreram em função de nove genótipos: 103, 104, 106, 107, 201, 203, 303, 305 e 306. Em suma, tanto os genótipos mais dissimilares quanto os menos dissimilares corresponderam àqueles oriundos dos três grupos de ciclos de maturação (precoce, intermediário e tardio), levando à conclusão de que o desempenho fisiológico pode não estar inteiramente ligado ao ciclo de maturação e a variabilidade entre os genótipos dentro de cada grupo é alta o suficiente para observar vários padrões de similaridade dentro e entre os grupos de maturação. Esse comportamento já foi relatado anteriormente para produtividade, bienalidade e várias outras características agrônômicas (RODRIGUES et al., 2012; 2013; 2015; 2017).

A duração do ciclo de maturação está diretamente ligada ao tempo de exposição a fatores ambientais, bem como sua capacidade de influenciar a magnitude da expressão da variabilidade entre os genótipos. Entretanto, os genótipos selecionados para qualidade amostrados nesse estudo parecem se agrupar de acordo com a similaridade de performance fotossintética, independentemente de seu ciclo de maturação. A inexistência de uma tendência de superioridade entre grupos de genótipos de *C. canephora* de diferentes ciclos de maturação, para diversas características agrônômicas, é resultado da alta variabilidade encontrada entre genótipos de um mesmo ciclo (RODRIGUES et al., 2012).

Com base no agrupamento pelo método de otimização de Tocher, percebeu-se a formação de dez grupos entre genótipos de diferentes ciclos de maturação (precoce, intermediário e tardio) para as características fotossintéticas. O grupo I foi formado pelos genótipos 105, 108, 207, 302 e 304, que apresentaram resultados extremos (maiores e menores valores) para A , g_s e E . O grupo II foi composto pelos genótipos 106, 107, 203 e 205, que certamente se agruparam

devido aos resultados medianos de A e menores g_s . O grupo III apresentou os genótipos 109 e 204, que também apresentaram valores medianos de A , porém, com maiores E . No grupo IV se encontraram os genótipos 201, 202 e 305, que se destacaram por resultados medianos a menores de A e menores g_s e E .

O grupo V foi composto pelos genótipos 206, 301 e 308, característicos pelos resultados medianos em A ; medianos a menores de g_s ; e menores de C_i . O grupo VI foi formado pelos genótipos 208, 209 e 309, que compartilharam de menores resultados para a C_i . O grupo VII foi composto pelos genótipos 303 e 306 que, além de serem do mesmo ciclo de maturação (tardia), apresentaram mediana A ; menores g_s , E e C_i ; bem como maiores teores de Chl a . O grupo VIII foi formado pelos genótipos 101 e 102, sendo dois materiais de maturação precoce e com características de maiores teores de Chl a e Chl b , bem como maiores C_i . O grupo IX foi integrado pelos genótipos 103 e 104, que também são de maturação precoce, porém, com teores medianos de Chl a e Chl b . O grupo X foi formado pelo genótipo 307, material este que, ao contrário de alguns do grupo I (*e.g.*, 108), apresentou menor A , g_s e C_i , além de menor Chl a .

CONCLUSÕES

É possível observar variabilidade entre os 27 genótipos de cafeeiro Conilon para o desempenho fotossintético, mesmo partindo de um grupo de genótipos melhorados.

Dentre as características fisiológicas, a taxa de assimilação de carbono, a condutância estomática e a taxa de transpiração se destacam como parâmetros para estudo da variabilidade e pelas contribuições no agrupamento dos genótipos.

No geral, o genótipo 108 se destaca por apresentar elevada taxa fotossintética associada a maiores teores de clorofila e razoável eficiência de uso da água. Os genótipos 205, 206 e 305 se destacam em termos de eficiência instantânea de carboxilação, de uso da água e assimilação de carbono, quando cultivados na região Sul do Estado do Espírito Santo.

REFERÊNCIAS

AINSWORTH, E. A.; ROGERS, A. The response of photosynthesis and stomatal conductance to rising $[CO_2]$: mechanisms and environmental interactions. **Plant, Cell & Environment**, v. 30, p. 258-270, 2007.

AMARAL, J. A. T.; DaMATTA, F. M.; RENA, A. B. Effects of fruiting on the growth of

Arábica coffee trees as related to carbohydrate and nitrogen status and nitrate reductase activity. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 13, n. 1, p. 66-74, 2001.

BATISTA, K. D.; ARAÚJO, W. L.; ANTUNES, W. C.; CAVATTE, P. C.; MORAES, G. A. B. K.; MARTINS, S. C. V.; DaMATTA, F. M. Photosynthetic limitations in coffee plants are chiefly governed by diffusive factors. **Trees**, v. 26, p. 459-468, 2012.

BELAN, L. L.; JESUS JUNIOR, W. C.; SOUZA, A. F.; ZAMBOLIM, L.; TOMAZ, M. A.; ALVES, F. R.; FERRÃO, M. A. G.; AMARAL, J. F. T. Monitoring of leaf rust in Conilon coffee clones to improve fungicide use. **Australasian Plant Pathology**, v. 44, n. 1, p. 5-12, 2015.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. Viçosa: Editora UFV, 2005. 525p.

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

COLODETTI, T. V.; RODRIGUES, W. N.; MARTINS, L. D.; TOMAZ, M. A. Differential tolerance between genotypes of Conilon coffee (*Coffea canephora*) to low availability of nitrogen in the soil. **Australian Journal of Crop Science**, v. 8, p. 1648-1657, 2014.

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

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. 2 ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2003. 585p.

DaMATTA, F. M.; CHAVES, A. R. M.; PINHEIRO, H. A.; DUCATTI, C.; LOUREIRO, M. E. Drought tolerance of t o field-grown clones of *Coffea canephora*. **Plant Science**, v. 164, n. 1, p. 111-117, 2003.

DaMATTA, F. M.; GODOY, A. G.; MENEZES-SILVA, P. E.; MARTINS, S. C. V.; SANGLARD, L. M. V. P.; MORAIS, L. E.; TORRE-NETO, A.; GHINI, R. Sustained enhancement of photosynthesis in coffee trees grown under free-air CO₂ enrichment conditions: disentangling the contributions of stomatal, mesophyll, and biochemical limitations. **Journal of Experimental Botany**, v. 67, n. 1, p. 341-352, 2016.

DaMATTA, F. M.; RONCHI, C. P.; MAESTRI, M.; BARROS, R. S. Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, p. 485-510, 2007.

FERRÃO, R. G.; CRUZ, C. D.; FERREIRA, A.; CECON, P. R.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; CARNEIRO, P. C. S.; SILVA, M. F. Parâmetros genéticos em café Conilon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 61-69, 2008.

FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; De MUNER, L. H. **Conilon Coffee**, 3rd edition updated and expanded. Vitória: Incaper, 2019. p. 973p.

FONSECA, A. F. A.; SEDIYAMA, T.; CRUZ, C. D.; SAKAIYAMA, N. S.; FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; BRAGANÇA, S. M. Genetic divergence in Conilon coffee. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 4, p. 599-605, 2006.

FRANCK, N.; VAAST, P.; GÉNARD, M.; DAUZAT, J. Soluble sugars mediate sink feedback down-regulation of leaf photosynthesis in field-grown *Coffea arabica*. **Tree Physiology**, v. 26, p. 517-525, 2006.

KIRSCHBAUM, M. U. F. Does enhanced photosynthesis enhance growth? Lessons learned from CO₂ enrichment studies. **Plant Physiological**, v. 155, p. 117-124, 2011.

KRAUSE, G. H.; WEIS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. **Annual Reviews Plant Physiology**, v. 42, n. 1, p. 313-349, 1991.

MARTINS, L. D.; TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T.; BRAGANÇA, S. M.; MARTINEZ, H. E. P.; REIS, E. F.; RODRIGUES, W. N. Nutritional efficiency in clones of Conilon coffee for phosphorus. **Journal of Agricultural Science**, v. 5, p. 130-140, 2013.

MARTINS, S. C. V.; GALMÉS, J.; CAVATTE, P. C.; PEREIRA, L. F.; VENTRELLA, M. C.; DaMATTA, F. M. Understanding the low photosynthetic rates of sun and shade coffee leaves: bridging the gap on the relative roles of hydraulic, diffusive and biochemical constraints to photosynthesis. **Plos One**, v. 9, p. e95571, 2014.

MORAIS, L. E.; CAVATTE, P. C.; DETMANN, K. C.; SANGLARD, L. M. V. P.; RONCHI, C. P.; DaMATTA, F. M. Source strength increases with the increasing precociousness of fruit maturation in field-grown clones of Conilon coffee (*Coffea canephora*) trees. **Trees**, v. 26, p. 1397-1402, 2012.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION – NOAA. **Carbon dioxide levels hit record peak in May**. NOAA, 2019. Disponível em: <<https://research.noaa.gov/article/ArtMID/587/ArticleID/2461/Carbon-dioxide-levels-hit-record-peak-in-May>> Acesso em: 22 de novembro de 2019.

PARTELLI, F. L.; ESPINDULA, M. C.; MARRÉ, W. B.; VIEIRA, H. D. Dry matter and macronutrient accumulation in fruits of conilon coffee with different ripening cycles. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 214-222, 2014.

PELOSO, A. F.; TATAGIBA, S. D.; REIS, E. F.; PEZZOPANE, J. E. M.; AMARAL, J. F. T. Limitações fotossintéticas em folhas de cafeeiro Arábica promovidas pelo déficit hídrico. **Coffee Science**, v. 12, n. 3, p. 389-399, 2017.

PINHEIRO, H. A.; DaMATTA, F. M.; CHAVES, A. R. M.; LOUREIRO, M. E.; DUCATTI, C. Drought tolerance is associated with rooting depth and stomatal control of water use in clones of *Coffea canephora*. **Annals of Botany**, v. 96, p. 101-108, 2005.

RODRIGUES, W. N.; COLODETTI, T. V.; BRINATE, S. V. B.; MARTINS, L. D.; TOMAZ, M. A. Genetic variability for sprout growth among genotypes of *Coffea canephora* led by bending of orthotropic stems. **Genetics and Molecular Research**, v. 16, p. 1-12, 2017.

RODRIGUES, W. N.; TOMAZ, M. A.; FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A. Diversity among genotypes of conilon coffee selected in Espírito Santo state. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 6, p. 1643-1650, 2015.

RODRIGUES, W. N.; TOMAZ, M. A.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; MIRANDA, F. D. Estimativa de parâmetros genéticos de grupos de clones de café Conilon. **Coffee Science**, v. 7, p. 177-186, 2012.

RODRIGUES, W. N.; TOMAZ, M. A.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; MARTINS, L. D. Crop yield bienniality in groups of genotypes of Conilon coffee. **African Journal of Agricultural Research**, v. 8, p. 4422-4426, 2013.

RONCHI, C. P.; DaMATTA, F. M. Physiological aspects of Conilon coffee. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; DeMUNER, L. H. **Conilon Coffee**. 3rd edition updated and expanded. Vitória: Incaper, 2019. p. 111-143.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, v. 41, p. 237-245, 1981.

STREIT, N. M.; CANTERLE, L. P.; CANTO, M. W.; HECKTHEUER, L. H. H. As clorofilas. **Ciência Rural**, v. 35, n. 3, p. 748-755, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.

CAPÍTULO 3

EXPRESSÃO DE VARIABILIDADE PARA BIOMETRIA DE FRUTOS MADUROS DE GENÓTIPOS DE *Coffea canephora*

RESUMO

Objetivou-se avaliar a expressão de características biométricas e de produção e alocação de biomassa de frutos de 27 genótipos de *Coffea canephora* cultivados na região Sul do Estado do Espírito Santo, bem como o uso dessas informações no estudo da variabilidade entre os genótipos. O campo experimental foi conduzido no município de Castelo-ES, a uma altitude de 126 m, empregando espaçamento de $3,0 \times 1,0$ m entre plantas. O experimento seguiu delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições e 27 genótipos de cafeeiro Conilon. Entre os meses de maio e agosto de 2018, foram coletadas amostras de frutos de cada genótipo no estágio de maturação (fase de frutos cereja), para avaliação das características: comprimentos principais do fruto (longitudinal, transversal maior e transversal menor), área superficial e volume unitário do fruto, esfericidade, espessura da casca, relação área/volume do fruto, massa específica, teor de sólidos solúveis totais da mucilagem, teor de umidade dos frutos, produção de massa seca total do fruto, razão de massa da casca, razão de massa do grão e razão de massa do pergaminho. Houve expressão da variabilidade entre os genótipos para as características avaliadas. O comprimento longitudinal, produção de massa seca total e o comprimento transversal menor dos frutos desempenharam papel fundamental no estudo da variabilidade e na definição dos agrupamentos entre os genótipos. No geral, o genótipo 208 apresentou os maiores comprimentos principais, bem como maior área superficial, volume unitário, teor de sólidos solúveis totais e massa seca dos frutos, além de maior relação de massa alocada nos grãos. O genótipo 302 apresentou características dos frutos contrastantes ao observado para o genótipos 208.

Palavras-chave: Cafeeiro Conilon. Frutos. Dimensões. Sementes. Tamanho. Variabilidade genética.

EXPRESSION OF VARIABILITY FOR BIOMETRY OF RIPE FRUITS OF GENOTYPES OF *Coffea canephora*

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the expression of variability for biometric characteristics and the production and allocation of biomass of fruits of 27 genotypes of *Coffea canephora*, cultivated in the Southern Region of the Espírito Santo State, as well as to assess the use of this information to study the variability among genotypes. The experimental field was conducted in the municipality of Castelo-ES, at an altitude of 126 m, using spacing 3.0×1.0 m between plants. The experiment followed a randomized block design, with four replications and 27 genotypes of Conilon coffee. Between the months of May and August 2018, samples of fruit of each genotype were harvest at the stage of maturation (cherry-like stage) to evaluate the characteristics: main lengths of the fruit (longitudinal, larger transversal and smaller transversal lengths), surface area and unitary volume of the fruit, sphericity, shell thickness, area/volume ratio of the fruit, specific mass, total content of soluble solids of the mucilage, humidity content of the fruit, total dry mass production of the fruit, shell mass ratio, grain mass ratio and parchment mass ratio. There was expression of variability among genotypes for the evaluated characteristics. The longitudinal length, total dry mass production and the smaller transversal length of the fruit played a fundamental role in the study of variability and in the definition of clusters among genotypes. Overall, the genotype 208 presented the largest main lengths, as well as the larger surface area, unitary volume, total content of soluble solids and dry mass of the fruits, in addition to the highest mass ratio allocated to the grains. The genotype 302 presented fruit characteristics contrary to observed for genotype 208.

Keywords: Conilon coffee. Dimensions. Fruit. Genetic variability. Seed. Size.

INTRODUÇÃO

A produção oriunda das espécies *Coffea arabica* Lineu (cafeeiro Arábica) e *C. canephora* Pierre ex A. Froehner (cafeeiro Conilon) coloca o Brasil no topo da lista dos maiores produtores mundiais de café, o que repercute consideravelmente na economia do país (CONAB, 2019). No Estado do Espírito Santo a cafeicultura é a principal atividade agrícola e se faz presente em quase todos os municípios do Estado, envolvendo mais de 130 mil famílias em mais de 60 mil propriedades rurais, sendo, em sua maioria, pequenas propriedades de agricultura familiar (FERREIRA et al., 2012). Do montante de café produzido no Estado, aproximadamente 76% é devido à cafeicultura de Conilon (CONAB, 2019).

Dada a importância dessa cultura, informações tecnológicas do cultivo são constantemente desenvolvidas e/ou aprimoradas, tais como no melhoramento genético (FERRÃO et al., 2008; RODRIGUES et al., 2015), no crescimento e fisiologia (DaMATTA et al., 2007; CAVATTE et al., 2012), no manejo de doenças (BELAN et al., 2015), na nutrição e eficiência nutricional (PREZOTTI; BRAGANÇA, 2013; MARTINS et al., 2015), entre outros. Vale ressaltar que a junção dos diversos avanços obtidos para a cafeicultura de Conilon no Estado do Espírito Santo permitiu incrementos de produtividade na ordem de 277% entre 2000 e 2019 (CONAB, 2019).

Por ser uma espécie cuja reprodução é governada pela autoincompatibilidade gametofítica (DEVREUX et al., 1959), o *Coffea canephora* apresenta naturalmente ampla heterogeneidade entre seus muitos genótipos (FONSECA et al., 2006). É essa elevada variabilidade fenotípica e genotípica que tem possibilitado a seleção e caracterização dos materiais com base em características específicas. Nesse contexto, ressalta-se a importância do conhecimento dos aspectos relacionados aos frutos de café Conilon, a fim de servir como ferramenta para o estudo da diversidade entre os genótipos e ajudar a caracterizar as propriedades físicas e morfológicas dos frutos e grãos de café.

Atualmente, poucas são as informações sobre características de frutos de café no estudo da variabilidade genética, o que justifica a necessidade de se desenvolver conhecimento sobre o assunto. Alguns estudos para o cafeeiro Arábica já foram realizados a fim de demonstrar as dimensões dos comprimentos principais e o formato dos frutos (AGRAWAL et al., 1973), bem como a importância das dimensões dos frutos para a elaboração de unidades de processamento e equipamentos de pós colheita (WEBER, 1995). Também já se sabe a magnitude dos aumentos nas dimensões, na massa e no volume dos frutos de Arábica na medida em que o estágio fenológico se desenvolveu até a maturação (COELHO et al., 2015). Outro estudo relatou os efeitos de diferentes cultivares de cafeeiro Arábica e do grau de maturação dos frutos sobre as dimensões principais, esfericidade, massa, volume e ângulo de repouso dos frutos (MAGALHÃES et al., 2000). Porém, para o cafeeiro Conilon pouco se sabe a respeito dessas informações dos frutos, principalmente levando em consideração as diferenças genotípicas da espécie.

Nesse contexto, objetivou-se avaliar a expressão de características biométricas e de produção e alocação de biomassa de frutos de 27 genótipos de *Coffea canephora* cultivados na região Sul do Estado do Espírito Santo, bem como o uso dessas informações no estudo da variabilidade entre os genótipos.

MATERIAL E MÉTODOS

Condições de cultivo e desenho experimental

O campo experimental foi conduzido no município de Castelo, Sul do Estado do Espírito Santo, Região Sudeste do Brasil, coordenadas geográficas 20°34'19,6"S 41°18'51,7"W, a uma altitude de 126 m e relevo plano no local do estudo, com série histórica do município apresentando precipitação anual média de 1098 mm e temperatura média anual de 24,2 °C. Porém, no período experimental (agosto de 2017 a julho de 2018), verificou-se acumulado de 1375 mm de chuva, 23,9 °C de temperatura média e 143 dias de chuva, sendo obtida a maior precipitação mensal em novembro (267,1 mm) e a menor em setembro (5,0 mm). Os dados climatológicos foram obtidos por meio de uma estação meteorológica automática (Irriplus modelo E5000) instalada no campo experimental.

O experimento foi conduzido em lavoura implantada em agosto de 2014 no espaçamento de 3,0 × 1,0 m (3.333 plantas ha⁻¹), e as plantas foram conduzidas com três ramos ortotrópicos (9.999 ramos ha⁻¹), o que proporcionou uma população de plantas e de ramos dentro do recomendado para o cultivo de cafeeiro Conilon (FERRÃO et al., 2019). A irrigação foi feita por aspersão em malha, ocorrendo no momento em que a tensão de retenção de água no solo (medida por conjunto de três tensiômetros instalados a 25 cm de profundidade) correspondeu àquela referente a 60-70% da água disponível (36 e 26 kPa, respectivamente, com base na curva de retenção de água no solo), de modo a retornar a umidade à capacidade de campo. Desde o plantio, os tratos culturais foram realizados de acordo com as recomendações para a cultura do café Conilon no Estado do Espírito Santo (FERRÃO et al., 2019).

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições, no qual os tratamentos consistiram dos 27 genótipos de cafeeiro Conilon. Cada parcela experimental foi composta por seis plantas.

Genótipos utilizados

Os 27 genótipos de *C. canephora* utilizados no estudo são os que compõem três cultivares clonais de cafeeiro Conilon registradas no Brasil pelo SNPC (Serviço Nacional de Proteção de Cultivares). Nove genótipos são da cultivar “Diamante ES8112” (número de certificação no SNPC: 20140103) de maturação precoce, referidos no estudo como 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108 e 109. Nove genótipos são da cultivar “Jequitibá ES8122” (número de certificação no SNPC: 20140104) de maturação intermediária, referidos como 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208 e 209. E por último, nove genótipos da cultivar “Centenária ES8132”

(número de certificação no SNPC: 20140102) de maturação tardia, referidos como 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308 e 309. Essas cultivares clonais foram desenvolvidas e registradas pelo Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), e são o resultado do arranjo compatível de características para alta produtividade e qualidade de bebida (FERRÃO et al., 2019). As mudas dos genótipos foram selecionadas para compor um grupo homogêneo quanto ao tamanho, enfolhamento, aspectos fitossanitários e nutricionais, sendo adquiridas em viveiro certificado. Quando essas mudas apresentaram três ou quatro pares de folhas totalmente desenvolvidas, realizou-se o plantio no campo.

Amostragem

Entre os meses de maio e julho de 2018, foram coletadas amostras de frutos de cada genótipo no estágio de maturação, quando as plantas apresentaram mais de 80% de frutos na fase cereja, sendo esta estabelecida com base na descrição da fenologia do cafeeiro (MEIRELES et al., 2009). Procedeu-se a coleta de 100 g de frutos de cada genótipo em cada repetição. De cada amostra, retirou-se aleatoriamente 20 frutos para avaliações.

Variáveis analisadas

Imediatamente após a separação dos 20 frutos, avaliou-se a massa fresca unitária do fruto (MFU; g) e o comprimento longitudinal (CLO; mm), comprimento transversal maior (CTL; mm) e o comprimento transversal menor (CTS; mm), conforme ilustrado na Figura 1, com auxílio de paquímetro digital.

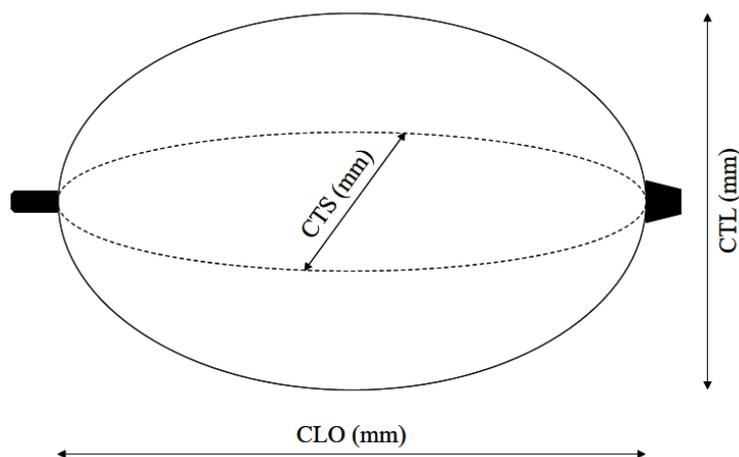


Figura 1. Ilustração esquemática da obtenção dos comprimentos dos três eixos principais de fruto de café, sendo CLO o comprimento longitudinal, CTL o comprimento transversal maior e CTS o comprimento transversal menor de frutos maduros de cafeeiro conilon.

Os 20 frutos de cada amostra foram imergidos numa proveta graduada e com volume conhecido de água. Após a imersão, contabilizou-se o volume deslocado, correspondendo ao volume dos 20 frutos. Por divisão, obteve-se o volume unitário do fruto (VOL; mm³).

A esfericidade dos frutos (ESF; %) foi calculada utilizando a Equação 1, proposta por Mohsenin (1986).

$$ESF = \frac{(CLO \cdot CTS \cdot CTS)^{\frac{1}{3}}}{CLO} \cdot 100 \quad \text{Equação 1.}$$

Sendo ESF a esfericidade (%), CLO o comprimento longitudinal (mm), CTL o comprimento transversal maior (mm) e CTS o comprimento transversal menor (mm) de frutos maduros de cafeeiro conilon.

Assumiu-se que os frutos de café têm forma aproximada de um esferoide triaxial escaleno, ou seja, possui as três dimensões principais diferentes (CLO ≠ CTL ≠ CTS), sendo sua área superficial (ASF; mm²) calculada de acordo com a Equação 2, conhecida como Equação de Knud Thomsen's (ERSOY, 2010; MELE et al., 2011).

$$ASF = 4\pi \cdot \left[\frac{\left(\frac{CLO}{2}\right)^z \cdot \left(\frac{CTL}{2}\right)^z + \left(\frac{CLO}{2}\right)^z \cdot \left(\frac{CTS}{2}\right)^z + \left(\frac{CTS}{2}\right)^z \cdot \left(\frac{CTL}{2}\right)^z}{3} \right]^{\frac{1}{z}} \quad \text{Equação 2.}$$

Sendo ASF a área superficial (mm²), CLO o comprimento longitudinal (mm), CTL o comprimento transversal maior (mm), CTS o comprimento transversal menor (mm) e z a constante de aproximação equivalente a 1,6075.

A relação área/volume do fruto (RAV; mm) foi obtida pela razão entre ASF e VOL.

Com base na massa fresca (MFU; g) e no volume (VOL; mm³) do fruto, calculou-se a massa específica dos frutos (MEF; kg m⁻³), de acordo com a Equação 3 (MOHSENIN, 1986).

$$MEF = \frac{MFU}{VOL} \cdot 1000000 \quad \text{Equação 3.}$$

Sendo MEF a massa específica do fruto (kg m⁻³), MFU a massa fresca unitária (g) e VOL o volume unitário (mm³).

Manualmente foram separadas as sementes da casca, e avaliado o teor de sólidos solúveis totais (BRIX; °) da mucilagem dos frutos com o auxílio de refratômetro portátil (Escala 0-32%)

e o comprimento longitudinal das sementes, para o cálculo da espessura da casca.

Obteve-se a espessura média da casca e mucilagem dos frutos (ESP; mm) ao dividir por dois o resultado da subtração do comprimento longitudinal do fruto pelo comprimento longitudinal da semente. Adotou-se o comprimento longitudinal do fruto e da semente para o cálculo da ESP por considera-lo facilmente mensurável.

As sementes e a casca com a mucilagem foram secas separadamente em estufa de circulação forçada de ar a $45\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, durante 72 horas. Posteriormente, o grão seco de café foi separado do pergaminho e todas as amostras foram pesadas separadamente em balança analítica de precisão (0,0001 g) para obtenção da massa seca total do fruto (MST; mg). Através da relação com a MST, obteve-se a razão de massa da casca e mucilagem (RMC; %), razão de massa do grão (RMG; %) e a razão de massa do pergaminho (RMP; %).

A umidade em base úmida dos frutos (UMID; %) foi obtida conforme Equação 4.

$$\text{UMID} = \frac{(\text{MFU} - \text{MST})}{\text{MFU}} \cdot 100 \quad \text{Equação 4.}$$

Sendo UMID a umidade em base úmida (%); MFU a massa fresca unitária (g); e MST a massa seca total do fruto (g).

Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F em nível de 5% de probabilidade, de modo a identificar a existência de diferenças significativas entre os tratamentos e para cada característica analisada. Na presença de diferenças significativas, utilizou-se o critério de Scott-Knott para análise das médias dos genótipos ($p \leq 0,05$). Foram estimados coeficientes de correlação de Pearson (STEEL et al., 1997) entre as 15 variáveis, e as significâncias das correlações foram estudadas pelo teste t, em nível de 5% de probabilidade.

Os parâmetros genéticos foram estimados utilizando o modelo individual: $Y_{ij} = \mu + B_j + G_i + \varepsilon_{ij}$. Em que Y_{ij} representa o valor fenotípico da ij -ésima observação; μ representa a média geral; B_j representa o efeito do j -ésimo bloco; G_i é o efeito fixo do i -ésimo genótipo; e ε_{ij} é o erro experimental. Para o cálculo dos parâmetros genéticos, utilizou-se dos métodos descritos por Cruz e Carneiro (2003), sendo eles: variância média fenotípica ($\hat{\sigma}_p^2$), variância média ambiental ($\hat{\sigma}_e^2$), componente quadrático da variabilidade genotípica ($\hat{\phi}_g$), coeficiente de variação genética (CV_g), índice de variação (CV_g/CV) e coeficiente de determinação genotípica (H^2).

As variáveis determinadas CLO, CTL, CTS, ESP, VOL, BRIX, UMID e MST foram selecionadas para estudar a divergência genética entre os genótipos por meio de análise

multivariada, na qual a distância generalizada de Mahalanobis (D^2) foi utilizada como medida de dissimilaridade e a contribuição relativa de cada característica para a divergência genética foi estimada conforme critério proposto por Singh (1981). Posteriormente, procedeu-se a análise de agrupamento hierárquico pelo método de ligação média entre grupos (UPGMA) afim de originar o dendograma, em que o ponto de corte foi obtido pelo método de Mojena (1977) para delimitar os grupos formados. A análise dos dados foi realizada utilizando o programa estatístico “GENES” (CRUZ, 2013).

RESULTADOS

Foram observadas diferenças significativas entre os genótipos de cafeeiro Conilon, pelo teste F, para todas as 15 características de frutos analisadas (Tabela 1). Para a maioria das características analisadas, observou-se CVe abaixo de 10%, com exceção para a ESP (19,72%) e RMP (29,21%) (Tabela 1). Esses resultados são considerados aceitáveis para a experimentação com o cafeeiro Conilon (FERRÃO et al., 2008).

As estimativas dos parâmetros genéticos mostraram que as médias de variância fenotípica ($\hat{\sigma}_p^2$) entre os genótipos foram geradas, principalmente, por maiores contribuições dos componentes quadráticos da variabilidade genotípica ($\hat{\phi}_g$). Com isso, os coeficientes de determinação genotípica (H^2) foram superiores a 80% para a maioria das características, com exceção apenas da ESP e RMP. Destaca-se o observado para as variáveis CLO, CTL, CTS, ESF, ASF, VOL, RAV, MST e RMC, pois apresentaram H^2 superior a 90%, demonstrando maior proporção da variância fenotípica atribuído ao componente quadrático da variabilidade genotípica. Os maiores valores de H^2 indicam predominância da variabilidade genética sobre a variabilidade ambiental (FERRÃO et al., 2008). Além disso, observaram-se índices de variação (CV_g/CV) superiores a 1,00 em treze variáveis, nas quais seis características apresentaram índices superiores a 2,00 (MST > CLO > RAV > ASF > VOL > CTS), o que indica uma situação favorável no estudo da diversidade genética empregando esses parâmetros (Tabela 1).

Através do agrupamento das médias dos genótipos para cada característica analisada, foi possível observar a formação de seis grupos para as variáveis CLO e ASF; cinco grupos para CTS, ESF; VOL, MST e RMC; quatro grupos para CTL, RAV, MEF e UMID; três grupos para as variáveis ESP e BRIX; e dois grupos para a RMP e RMG (Tabelas 2, 3 e 4).

Tabela 1. Resumo da análise de variância e estimativa de parâmetros fenotípicos e genotípicos de 15 características de frutos de 27 genótipos de *Coffea canephora* (Castelo, Espírito Santo,

Brasil, safra 2017/2018).

Parâmetro	CLO (mm) ⁽⁹⁾	CTL (mm) ⁽¹⁰⁾	CTS (mm) ⁽¹¹⁾	ESP (mm) ⁽¹²⁾	ESF (%) ⁽¹³⁾
QM _{genótipos} ⁽¹⁾	3,38**	1,42**	1,63**	0,14**	56,16**
Média geral	12,71	11,44	9,28	1,06	87,10
CVe (%) ⁽²⁾	3,00	3,27	3,22	19,72	2,11
$\hat{\sigma}_p^2$ ⁽³⁾	0,84	0,35	0,40	0,03	14,04
$\hat{\sigma}_e^2$ ⁽⁴⁾	0,03	0,03	0,02	0,01	0,84
$\hat{\Phi}_g$ ⁽⁵⁾	0,81	0,32	0,38	0,02	13,20
CVg (%) ⁽⁶⁾	7,07	4,95	6,69	14,54	4,17
CVg/CVe ⁽⁷⁾	2,36	1,51	2,08	0,74	1,98
H ² (%) ⁽⁸⁾	95,70	90,16	94,53	68,51	94,01
Parâmetro	ASF (mm ²) ⁽¹⁴⁾	VOL (mm ³) ⁽¹⁵⁾	RAV (mm) ⁽¹⁶⁾	MEF (kg m ⁻³) ⁽¹⁷⁾	UMID (%) ⁽¹⁸⁾
QM _{genótipos} ⁽¹⁾	7360,99**	56155,44**	0,004**	59397,29**	42,33**
Média geral	390,30	712,67	0,55	1396,96	58,07
CVe (%) ⁽²⁾	5,01	7,60	2,53	5,60	3,58
$\hat{\sigma}_p^2$ ⁽³⁾	1840,25	14038,86	0,00095	14849,32	10,58
$\hat{\sigma}_e^2$ ⁽⁴⁾	95,53	733,86	0,00005	1531,51	1,08
$\hat{\Phi}_g$ ⁽⁵⁾	1744,72	13305,00	0,00090	13317,81	9,50
CVg (%) ⁽⁶⁾	10,70	16,19	5,44	8,26	5,31
CVg/CVe ⁽⁷⁾	2,14	2,13	2,15	1,47	1,48
H ² (%) ⁽⁸⁾	94,81	94,77	94,87	89,69	89,78
Parâmetro	BRIX (°) ⁽¹⁹⁾	MST (mg) ⁽²⁰⁾	RMC (%) ⁽²¹⁾	RMP (%) ⁽²²⁾	RMG (%) ⁽²³⁾
QM _{genótipos} ⁽¹⁾	21,28**	23077,56**	62,94**	32,83**	59,41**
Média geral	21,40	415,37	34,03	10,58	55,40
CVe (%) ⁽²⁾	6,97	6,86	6,25	29,21	6,04
$\hat{\sigma}_p^2$ ⁽³⁾	5,32	5769,39	15,73	8,20	14,85
$\hat{\sigma}_e^2$ ⁽⁴⁾	0,56	203,16	1,13	2,38	2,79
$\hat{\Phi}_g$ ⁽⁵⁾	4,76	5566,23	14,60	5,82	12,06
CVg (%) ⁽⁶⁾	10,20	17,96	11,23	22,81	6,27
CVg/CVe ⁽⁷⁾	1,46	2,62	1,80	0,78	1,04
H ² (%) ⁽⁸⁾	89,54	96,48	92,82	70,93	81,17

** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ⁽¹⁾quadrado médio do tratamento; ⁽²⁾coeficiente de variação; ⁽³⁾variância média fenotípica; ⁽⁴⁾variância média ambiental; ⁽⁵⁾componente quadrático da variabilidade genotípica; ⁽⁶⁾coeficiente de variação genética; ⁽⁷⁾índice de variação; ⁽⁸⁾coeficiente de determinação genotípica; ⁽⁹⁾comprimento longitudinal do fruto; ⁽¹⁰⁾comprimento transversal maior do fruto; ⁽¹¹⁾comprimento transversal menor do fruto; ⁽¹²⁾espessura da casca; ⁽¹³⁾esfericidade; ⁽¹⁴⁾área superficial do fruto; ⁽¹⁵⁾volume do fruto; ⁽¹⁶⁾relação área volume; ⁽¹⁷⁾massa específica do fruto; ⁽¹⁸⁾percentual de água no fruto; ⁽¹⁹⁾sólidos solúveis totais; ⁽²⁰⁾massa seca total do fruto; ⁽²¹⁾razão de massa em casca; ⁽²²⁾razão de massa em pergamino; ⁽²³⁾razão de massa em grão.

Com relação às dimensões dos três comprimentos principais dos frutos (CLO, CTL e CTS), ressalta-se o observado para o genótipo 208, pois foi o único a integrar o grupo de maiores médias. O mesmo foi observado para o genótipo 302, porém, integrando o grupo de menores médias (Tabela 2).

O genótipo 303 apresentou a maior média de ESP, enquanto os genótipos 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 109, 202, 203, 205, 206, 207, 209, 301, 305, 306 e 308 formaram o grupo com as menores médias, apresentando frutos com casca mais fina (Tabela 2). Com relação à ESF, os genótipos 105 e 204 integraram o grupo de maiores médias, com os frutos que mais se aproximaram do formato esférico. Já o genótipo 307 apresentou a menor média de ESF, indicando que os frutos desse genótipo são mais ovalados (Tabela 2).

Tabela 2. Comprimento longitudinal (CLO), transversal maior (CTL) e transversal menor (CTS) do fruto; espessura da casca (ESP) e esfericidade do fruto (ESF) de 27 genótipos de cafeeiro Conilon selecionados para a qualidade de bebida e produtividade (Castelo, Espírito Santo, Brasil, safra 2017/2018).

Genótipos	CLO (mm)	CTL (mm)	CTS (mm)	ESP (mm)	ESF (%)
101	12,56 d	11,16 c	8,91 c	0,83 c	85,7 c
102	11,82 e	11,32 c	9,05 c	0,88 c	90,2 b
103	11,94 e	11,13 c	9,20 c	0,85 c	89,5 b
104	12,42 d	11,25 c	9,54 b	1,03 c	88,6 b
105	12,49 d	12,40 a	10,39 a	1,10 c	93,9 a
106	12,51 d	10,75 d	8,84 d	1,05 c	84,8 c
107	13,64 b	11,85 b	9,93 b	1,07 c	85,8 c
108	13,70 b	11,42 c	9,24 c	1,17 b	82,5 d
109	13,47 b	11,50 c	10,08 a	1,07 c	86,1 c
201	13,03 c	12,21 a	9,75 b	1,15 b	88,8 b
202	13,28 c	11,32 c	9,02 c	0,93 c	83,4 d
203	12,79 d	10,89 d	8,33 e	0,87 c	82,2 d
204	12,51 d	12,65 a	10,47 a	1,15 b	94,6 a
205	12,84 d	11,58 c	8,96 c	0,94 c	85,7 c
206	12,46 d	12,00 b	9,38 c	0,88 c	89,9 b
207	11,49 f	11,28 c	8,69 d	0,97 c	90,5 b
208	15,01 a	12,44 a	10,21 a	1,19 b	82,6 d
209	13,70 b	11,83 b	10,25 a	0,82 c	86,5 c
301	11,37 f	10,51 d	8,80 d	1,07 c	89,4 b
302	10,96 f	10,91 d	8,41 e	1,27 b	91,4 b
303	12,70 d	11,86 b	9,35 c	1,63 a	88,3 b
304	13,15 c	12,18 a	9,90 b	1,37 b	88,7 b
305	12,25 d	10,73 d	8,42 e	1,03 c	84,5 c
306	11,30 f	10,71 d	8,60 d	0,91 c	89,7 b
307	13,74 b	10,69 d	8,77 d	1,14 b	79,2 e
308	12,23 d	11,25 c	8,88 d	0,95 c	87,4 b
309	13,76 b	11,16 c	9,30 c	1,29 b	81,9 d

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna (comparação entre genótipos) não diferem entre si pelo critério de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

O genótipo 208 também sobressaiu com os resultados de ASF e VOL dos frutos, sendo o único a compor o grupo de maiores médias para essas variáveis, o que corrobora com os resultados observados para as dimensões dos três comprimentos principais dos frutos. O mesmo foi observado para o genótipo 302, porém, integrando o grupo com as menores médias (Tabela 3). Os genótipos 207, 301, 305 e 306 também compuseram o grupo de menores médias para ASF e VOL dos frutos (Tabela 3).

Ao relacionar a área e o volume dos frutos, observou-se que os genótipos 203, 207, 301, 302, 305 e 306 integraram o grupo de maiores médias, enquanto os genótipos 105, 107, 109, 201, 204, 208, 209 e 304 formaram o grupo com as menores médias de RAV (Tabela 3). No entanto, as maiores médias observadas de RAV estiveram relacionadas com a diminuição do valor do denominador da equação, ou seja, o VOL, pois todos os genótipos que apresentaram maiores RAV apresentaram as menores médias de VOL.

Tabela 3. Área superficial do fruto (ASF), volume do fruto (VOL), relação área volume (RAV), massa específica do fruto (MEF) e umidade em b.u. (UMID) de 27 genótipos de cafeeiro Conilon selecionados para a qualidade de bebida e produtividade (Castelo, Espírito Santo, Brasil, safra 2017/2018).

Genótipos	ASF (mm ²)	VOL (mm ³)	RAV (mm)	MEF (kg m ⁻³)	UMID (%)
101	370,8 e	655,5 d	0,57 b	1320,7 c	63,6 a
102	361,1 e	634,7 d	0,57 b	1255,6 d	65,6 a
103	362,8 e	640,4 d	0,57 b	1350,0 c	59,5 b
104	384,5 d	699,5 d	0,55 c	1326,5 c	58,9 b
105	434,0 b	842,8 b	0,52 d	1241,4 d	61,5 b
106	359,1 e	625,8 d	0,58 b	1326,0 c	65,4 a
107	436,8 b	842,0 b	0,52 d	1367,3 c	54,1 d
108	410,3 c	758,2 c	0,54 c	1222,6 d	54,1 d
109	427,3 b	816,9 b	0,52 d	1449,4 b	54,9 d
201	426,1 b	811,4 b	0,53 d	1252,0 d	55,9 c
202	392,9 d	710,6 d	0,55 b	1454,5 b	53,8 d
203	356,1 e	608,2 e	0,59 a	1392,3 c	56,6 c
204	442,9 b	868,8 b	0,51 d	1335,8 c	59,3 b
205	387,6 d	696,8 d	0,56 b	1362,3 c	56,1 c
206	398,9 c	734,8 c	0,54 c	1339,3 c	58,3 c
207	345,1 f	591,7 e	0,59 a	1317,1 c	59,3 b
208	492,8 a	998,8 a	0,49 d	1220,3 d	57,4 c
209	445,8 b	871,1 b	0,51 d	1316,7 c	58,8 b
301	328,4 f	552,0 e	0,60 a	1584,5 a	57,1 c
302	319,3 f	526,1 e	0,61 a	1486,2 b	60,3 b
303	400,5 c	738,0 c	0,54 c	1469,8 b	60,4 b
304	432,2 b	829,8 b	0,52 d	1488,9 b	56,6 c
305	342,8 f	579,4 e	0,59 a	1612,2 a	55,8 c
306	326,6 f	545,6 e	0,60 a	1520,8 b	54,5 d
307	381,9 d	674,3 d	0,57 b	1565,7 a	54,5 d
308	364,5 e	639,8 d	0,57 b	1626,1 a	57,3 c
309	406,8 c	748,9 c	0,54 c	1513,8 b	58,1 c

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna (comparação entre genótipos) não diferem entre si pelo critério de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Os genótipos 301, 305, 307 e 308 formaram o grupo com as maiores médias de MEF, enquanto os genótipos 102, 105, 108, 201 e 208 integraram o grupo com as menores médias (Tabela 3). Isso indica que genótipos com maior MEF são capazes de apresentar maior massa fresca por m³ de frutos. Com relação ao teor de umidade em base úmida, notou-se que os genótipos 101, 102 e 106 apresentaram os maiores teores, enquanto os genótipos 107, 108, 109, 202, 306 e 307 formaram o grupo com as menores médias de UMID (Tabela 3).

Para o teor sólidos solúveis totais, notou-se que os genótipos 101, 102, 103, 104, 107, 109, 201, 202, 206, 208, 209, 304, 305, 306, 307 e 308 formaram o grupo com as maiores médias, enquanto os genótipos 108 e 303 apresentaram os menores teores de BRUX (Tabela 4).

Tabela 4. Teor de sólidos solúveis totais (BRUX), massa seca total do fruto (MST), razão de massa de casca (RMC), razão de massa de pergaminho (RMP) e razão de massa de grãos (RMG)

de 27 genótipos de cafeeiro Conilon selecionados para a qualidade de bebida e produtividade (Castelo, Espírito Santo, Brasil, safra 2017/2018).

Genótipos	BRIX (°)	MST (mg)	RMC (%)	RMP (%)	RMG (%)
101	22,9 a	314,4 e	29,3 d	11,3 b	59,4 a
102	23,2 a	272,9 e	32,3 c	16,9 a	50,8 b
103	23,3 a	350,4 d	27,6 d	14,3 a	58,1 a
104	24,4 a	381,1 d	29,8 d	14,5 a	55,7 a
105	19,8 b	401,6 c	23,8 e	13,8 a	62,4 a
106	19,8 b	284,6 e	33,9 c	17,4 a	48,7 b
107	22,9 a	523,4 a	39,9 a	10,6 b	49,5 b
108	15,8 c	425,2 c	37,6 b	11,1 b	51,2 b
109	21,9 a	532,4 a	37,1 b	12,5 a	50,4 b
201	22,3 a	448,4 c	30,3 d	9,5 b	60,3 a
202	25,0 a	475,1 b	35,9 b	8,5 b	55,6 a
203	18,9 b	367,9 d	32,8 c	9,8 b	57,5 a
204	18,9 b	471,9 b	32,3 c	9,8 b	57,9 a
205	20,5 b	415,9 c	33,8 c	6,8 b	59,4 a
206	22,6 a	410,1 c	35,2 b	7,5 b	57,3 a
207	20,9 b	314,6 e	35,7 b	10,0 b	54,2 b
208	22,1 a	518,4 a	33,2 c	6,7 b	60,1 a
209	22,6 a	471,9 b	32,0 c	8,7 b	59,3 a
301	19,5 b	374,4 d	41,4 a	7,9 b	50,7 b
302	19,8 b	310,9 e	39,4 a	7,7 b	52,9 b
303	17,1 c	427,9 c	37,7 b	7,1 b	55,2 a
304	23,9 a	536,1 a	34,2 c	10,4 b	55,4 a
305	23,4 a	412,4 c	39,0 a	10,8 b	50,2 b
306	22,3 a	375,6 d	32,6 c	10,1 b	57,3 a
307	23,3 a	479,4 b	35,7 b	9,7 b	54,6 b
308	22,8 a	443,9 c	34,5 b	12,6 a	52,9 b
309	18,4 b	474,1 b	31,8 c	9,4 b	58,8 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna (comparação entre genótipos) não diferem entre si pelo critério de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Com relação à produção de massa seca total de frutos, notou-se que os genótipos 101, 102, 106, 207 e 302 formaram o grupo com as menores médias, enquanto os genótipos 107, 109, 208 e 304 integraram o grupo com as maiores médias de MST (Tabela 4). Dos genótipos com as maiores MST, percebeu-se que a distribuição de massa foi diferenciada, na qual o genótipo 107 participou do grupo com as maiores médias para alocação de massa nas cascas (RMC); o genótipo 109 integrou o grupo que mais alocou massa no pergaminho (RMP); enquanto os genótipos 208 e 304 participaram do grupo de maiores médias para alocação de massa em grãos (RMG) (Tabela 4).

Ao analisar os coeficientes de correlação de Pearson para as variáveis analisadas (Tabela 5), notou-se correlação significativa e positiva entre as dimensões dos três comprimentos principais dos frutos (CLO, CTL e CTS), além se correlacionarem positivamente com o VOL e a ASF. Outro ponto relevante foi a correlação negativa entre o CLO e a ESF, demonstrando o distanciamento de um formato esférico do fruto quando há aumentos expressivos no CLO.

Tabela 5. Coeficientes de correlações (r) entre as 15 características analisadas de frutos de 27 genótipos de *Coffea canephora* (Castelo, Espírito Santo, Brasil, safra 2017/2018).

Variáveis	CTL	CTS	VOL	ASF	RAV	ESF	MEF
CLO	0,44*	0,53*	0,79*	0,82*	-0,74*	-0,65*	-0,26
CTL		0,86*	0,86*	0,85*	-0,88*	0,35	-0,54*
CTS			0,92*	0,90*	-0,94*	0,27	-0,47*
VOL				0,99*	-0,99*	-0,05	-0,48*
ASF					-0,99*	-0,10	-0,47*
RAV						-0,01	0,49*
ESF							-0,18
MEF							
ESP							
BRIX							
UMID							
RMC							
RMG							
RMP							

Variáveis	ESP	BRIX	UMID	RMC	RMG	RMP	MST
CLO	0,21	0,02	-0,35	-0,05	0,21	-0,22	0,74*
CTL	0,28	-0,03	0,01	-0,32	0,49*	-0,21	0,51*
CTS	0,22	0,03	-0,01	-0,34	0,35	-0,01	0,61*
VOL	0,27	0,01	-0,15	-0,25	0,39*	-0,18	0,73*
ASF	0,27	0,01	-0,17	-0,24	0,39*	-0,18	0,74*
RAV	-0,26	-0,02	0,12	0,29	-0,39*	0,12	-0,71*
ESF	0,01	-0,02	0,39*	-0,25	0,14	0,15	-0,30
MEF	0,17	0,12	-0,35	0,49*	-0,35	-0,21	0,17
ESP		-0,46*	-0,06	0,28	-0,08	-0,28	0,35
BRIX			-0,11	-0,16	0,03	0,18	0,13
UMID				-0,39*	0,03	0,51*	-0,68*
RMC					-0,73*	-0,40*	0,16
RMG						-0,33	0,14
RMP							-0,42*

Matriz de correlação de Pearson. *significativo a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t. CLO_comprimento longitudinal do fruto; CTL_comprimento transversal maior do fruto; CTS_comprimento transversal menor do fruto; VOL_volume do fruto; ASF_área superficial do fruto; RAV_relação área volume; ESF_esfericidade; MEF_massa específica do fruto; ESP_espessura da casca; BRIX_sólidos solúveis totais; UMID_percentual de água no fruto; RMC_razão de massa em casca; RMG_razão de massa em grão; RMP_razão de massa em pergaminho; MST_massa seca total do fruto.

Outro ponto interessante foi a correlação negativa entre a ESP da casca e o teor BRIX, em que frutos com cascas mais grossas tenderam a apresentar menores teores de sólidos solúveis totais em sua mucilagem (Tabela 5).

Os três comprimentos principais dos frutos, o VOL e a ASF também se correlacionaram positivamente com a produção de MST dos frutos, o que configura um resultado muito relevante. No entanto, no que diz respeito à porcentagem de MST alocada nos grãos (RMG), apenas o CLO, VOL e ASF apresentaram correlações positivas e significativas (Tabela 5).

Ao analisar conjuntamente as variáveis determinadas (CLO, CTL, CTS, ESP, VOL, BRIX, UMID e MST) por meio de análise multivariada, foi possível estimar a distância generalizada de Mahalanobis como medida de dissimilaridade entre pares de genótipos, em que se observou menor dissimilaridade entre os genótipos 103 e 104 ($D^2 = 4,32$), enquanto os

genótipos 208 e 302 foram os mais dissimilares ($D^2 = 184,34$).

Baseado na matriz de dissimilaridade de Mahalanobis, estimou-se a contribuição relativa de cada característica para a divergência genética entre os genótipos, sendo que a ordem de contribuição das variáveis foi a seguinte: CLO (32,97%) > MST (29,16%) > CTS (19,23%) > BRIX (8,35%) > ESP (3,90%) > CTL (3,49%) > UMID (2,90%) > VOL (0,00%). Dessa forma, notou-se que as variáveis CLO, MST e CTS foram as que mais contribuíram para a divergência genética entre os genótipos de cafeeiro Conilon. Pelo método de agrupamento hierárquico com base na matriz de dissimilaridade de Mahalanobis para a análise conjunta das características avaliadas, observou-se a formação de três grupos distintos entre os genótipos (corte na distância de 53,45%, estabelecido conforme Mojena (1977)) (Figura 2).

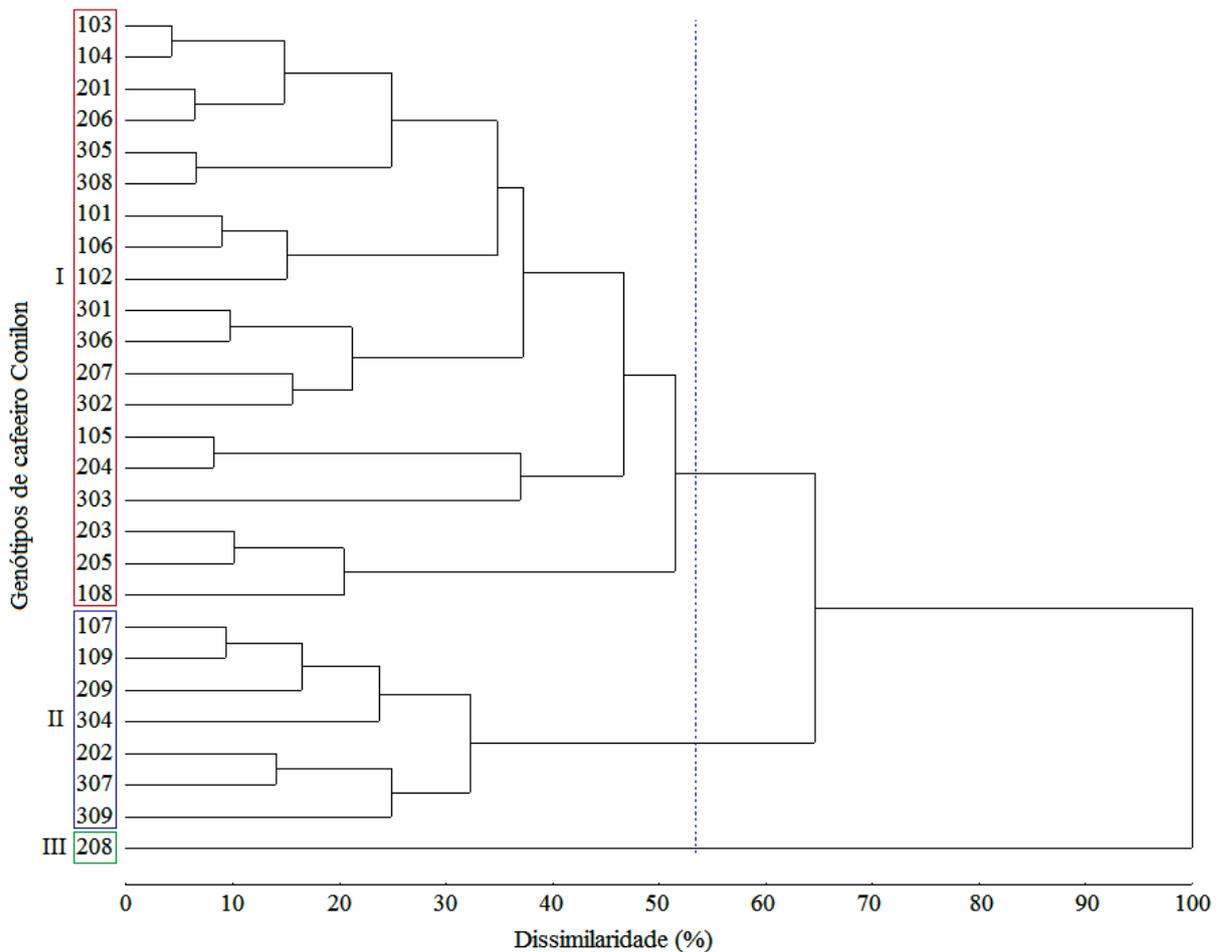


Figura 2. Dendrograma obtido pela análise de agrupamento hierárquico (método UPGMA) de frutos de 27 genótipos de cafeeiro Conilon, com base na matriz de dissimilaridade de Mahalanobis. Ponto de corte de 53,45% obtido pelo método de Mojena (1977).

O primeiro grupo foi composto pelos genótipos 103, 104, 201, 206, 305, 308, 101, 106,

102, 301, 306, 207, 302, 105, 204, 303, 203, 205 e 108. O segundo grupo foi formado pelos genótipos 107, 109, 209, 304, 202, 307 e 309. Já o terceiro grupo foi composto apenas pelo genótipo 208.

DISCUSSÃO

A expressiva diferenciação entre os genótipos de cafeeiro Conilon para as características dos frutos é justificável pela ampla variabilidade genética encontrada nessa espécie (FERRÃO et al., 2008; FONSECA et al., 2006). Relatos na literatura já demonstraram a existência de variabilidade entre os genótipos de *C. canephora* quanto às características biométricas (FONSECA et al., 2006; RODRIGUES et al., 2017), ciclo de maturação (RODRIGUES et al., 2012; 2015), eficiência nutricional (MARTINS et al., 2013), resistência a doenças (BELAN et al., 2015), tolerância a estresses nutricionais (COLODETTI et al., 2014), tolerância à seca (DaMATTA et al., 2003), entre outros.

Ressalta-se que o estudo das características dos frutos de cafeeiro Conilon pode contribuir para o banco de descritores biométricos úteis dos programas de melhoramento genético dessa espécie, visto que houve ampla divergência entre os genótipos. Através de características primárias e de fácil avaliação foi possível encontrar maior contribuição do fator genotípico sobre o fator ambiental, o que resultou em valores elevados de coeficiente de determinação genotípica (e.g., MST ($H^2 = 96,48\%$); CLO ($H^2 = 95,70\%$); VOL ($H^2 = 94,77\%$); e CTS ($H^2 = 94,53\%$)). Além disso, características de determinação rápida e com instrumentos simples (e.g., CLO, CTL, CTS, ASF e VOL) se correlacionaram positiva e significativamente com a produção de massa seca total dos frutos (MST). Há relatos do uso das dimensões dos comprimentos principais dos frutos de cultivares de cafeeiro Arábica para se estimar a produção de massa fresca, massa seca e volume dos frutos (HASTENREITER et al., 2007).

Além das diferenças significativas observadas para as características avaliadas, também já foram observadas diferenças quanto às dimensões, massa, volume, esfericidade e ângulo de repouso de frutos de algumas cultivares de cafeeiro Arábica (MAGALHÃES et al., 2000), bem como entre cultivares de Arábica em relação ao cafeeiro Conilon (CORRÊA et al., 2002). Alterações nas propriedades físicas dos frutos de Conilon também já ocorreram em função dos processos de secagem, nas quais a diminuição do teor de umidade alterou as magnitudes das massas específicas aparentes e unitárias dos frutos (BOTELHO et al., 2016).

Pela análise de agrupamento hierárquico foi possível observar a separação dos genótipos em três grupos distintos (dendograma), com algumas características em comum entre os

genótipos dentro de cada grupo. De modo geral, os genótipos que compuseram o primeiro grupo (103, 104, 201, 206, 305, 308, 101, 106, 102, 301, 306, 207, 302, 105, 204, 303, 203, 205 e 108) apresentaram, predominantemente, dimensões intermediárias ou menores do CLO, bem como produção de massa seca total dos frutos seguindo esta mesma lógica. Para as demais características, não se observou uma tendência clara de comportamento.

Com relação ao segundo grupo de genótipos (107, 109, 209, 304, 202, 307 e 309), notou-se que estes materiais formaram frutos com dimensões intermediárias do CLO e da área superficial, com espessura da casca tendendo de uma condição mediana à mais fina, bem como formato dos frutos tendendo para o ovalado. Além disso, esses genótipos apresentaram maiores teores de sólidos solúveis totais em seus frutos, assim como uma tendência de menores teores de umidade. Por fim, ressalta-se que esses genótipos produziram frutos acerca de maiores médias de massa seca total.

O terceiro grupo foi composto apenas pelo genótipo 208, o que demonstra como este material é divergente dos demais para as características de frutos, principalmente com relação ao genótipo 302, no qual se observou a maior dissimilaridade e a alocação em grupos distintos. Esse é um indicativo favorável para programas de melhoramento genético que visam o cruzamento entre materiais para a obtenção de maior heterose (FONSECA et al., 2006).

O genótipo 208 se destacou por apresentar os maiores comprimentos principais dos frutos (CLO, CTL e CTS) e, conseqüentemente, maiores volumes e áreas superficiais, além de apresentar frutos com tendência para o formato ovalado. A mucilagem apresentou elevado teor de sólidos solúveis totais, bem como teor de umidade e espessura da casca com valores medianos. Por fim, esse genótipo produziu frutos com maior massa seca total, além de apresentar as maiores frações de massa seca destinadas aos grãos.

Com exceção do terceiro grupo que foi composto apenas pelo genótipo 208, pôde-se observar que os genótipos não se agruparam em função de seus ciclos de maturação, pois em cada um dos outros dois grupos, houve a alocação de genótipos dos três ciclos de maturação. Esse fato leva à conclusão de que as características dos frutos dos genótipos de cafeeiro Conilon pode não estar inteiramente ligado ao ciclo de maturação, e que a variabilidade entre os genótipos é alta o suficiente para se observar padrões de similaridade dentro e entre os ciclos de maturação. Esse comportamento já foi relatado para a produtividade, bienalidade, crescimento vegetativo e várias outras características agrônômicas (RODRIGUES et al., 2012; 2013; 2015; 2017).

As informações levantadas sobre as características dos frutos de genótipos de cafeeiro Conilon possibilitaram o estudo da variabilidade entre os genótipos. Com isso, verificou-se a

possibilidade de atuar como ferramenta para programas de melhoramento genético atuando, por exemplo, no desenvolvimento de cultivares com frutos e grãos com dimensões mais uniforme ou com algumas características de interesse específicos (*e.g.*, ESF, BRIX e MST); na exploração da seleção precoce de genótipos com base em características externas dos frutos; no estabelecimento de correlações entre características de qualidade de bebida e aspectos da morfologia dos frutos; entre outros. Além disso, o conhecimento das características físicas dos frutos pode contribuir para o desenvolvimento de equipamentos relacionados à colheita e pós colheita, tais como derriçadores, secadores, separadores, classificadores, descascadores, entre outros (COELHO et al., 2015; WEBER, 1995; GONELI et al., 2011; SHARMA et al., 2011), visto que as dimensões dos frutos atuam nos processos de transferência de calor e massa, bem como na movimentação do ar em meio às amostras (CORRÊA et al., 2002).

CONCLUSÕES

Há variabilidade entre os 27 genótipos de cafeeiro Conilon para as características dos frutos relacionadas às dimensões, aos teores de sólidos solúveis e de umidade, à produção e alocação de biomassa de frutos de café no estágio fenológico de maturação, quando cultivados na região Sul do Estado do Espírito Santo.

O comprimento longitudinal, produção de biomassa seca total e o comprimento transversal menor dos frutos demonstram-se como variáveis de interesse para o estudo da variabilidade entre os genótipos e para a definição dos agrupamentos entre os mesmos, visto que juntas, essas características apresentam contribuição relativa superior a 81% para a divergência genética.

No geral, o genótipo 208 se destaca por apresentar os maiores comprimento principais dos frutos, bem como maior área superficial, volume unitário, teor de sólidos solúveis totais e produção de massa seca dos frutos, além de maior relação de massa alocada nos grãos. Em contrapartida, o genótipo 302 apresenta resultados contrários ao observado para o 208, além de estar entre os genótipos que mais destinam biomassa para ser alocada nas cascas dos frutos. Também se destaca genótipos como o 105, por apresentar maior esfericidade e menor espessura da casca; genótipo 304 pelo maior teor de sólidos solúveis totais, massa seca total e maior relação de massa destinada aos grãos; e o genótipo 207 pelo menor comprimento longitudinal dos frutos, menor massa seca total dos frutos e menor razão de massa alocada nos grãos.

REFERÊNCIAS

- AGRAWAL, K. K.; CLARY, B. L.; SCHROEDER, E. W. Mathematical models of peanut pod geometry. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, v. 16, n. 2, p. 315-319, 1973.
- BELAN, L. L.; JESUS JUNIOR, W. C.; SOUZA, A. F.; ZAMBOLIM, L.; TOMAZ, M. A.; ALVES, F. R.; FERRÃO, M. A. G.; AMARAL, J. F. T. Monitoring of leaf rust in Conilon coffee clones to improve fungicide use. **Australasian Plant Pathology**, v. 44, n. 1, p. 5-12, 2015.
- BOTELHO, F. M.; CORREA, P. C.; BOTELHO, S. C. C.; VARGAS-ELÍAS, G. A.; ALMEIDA, M. D. S. D.; OLIVEIRA, G. H. H. Propriedades físicas de frutos de café robusta durante a secagem: Determinação e modelagem. **Coffee Science**, v. 11, n. 1, p. 65-75, 2016.
- CAVATTE, P. C.; OLIVEIRA, A. A. G.; MORAIS, L. E.; MARTINS, S. C. V.; SANGLARD, L. M. V. P. Could shading reduce the negative impacts of drought on coffee? A morphophysiological analysis. **Physiologia Plantarum**, v. 114, p. 111-122, 2012.
- COELHO, A. L. F.; SANTOS, F. L.; PINTO, F. A. C.; QUEIROZ, D. M. Determinação das propriedades geométricas, físicas e mecânicas do sistema fruto-pedúnculo-ramo do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 286-292, 2015.
- COLODETTI, T. V.; RODRIGUES, W. N.; MARTINS, L. D.; TOMAZ, M. A. Differential tolerance between genotypes of Conilon coffee (*Coffea canephora*) to low availability of nitrogen in the soil. **Australian Journal of Crop Science**, v. 8, p. 1648-1657, 2014.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra Brasileira: café**. Brasília: Conab, 2019. 61p.
- CORRÊA, P. C.; AFONSO JÚNIOR, P. C.; QUEIROZ, D. M.; SAMPAIO, C. P.; CARDOSO, J. B. Variação das dimensões características e da forma dos frutos de café durante o processo de secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 466-470, 2002.
- CRUZ, C. D. GENES: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, p. 271-276, 2013.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. 2 ed. Viçosa: Editora UFV, 2003. 585p.

DaMATTA, F. M.; CHAVES, A. R. M.; PINHEIRO, H. A.; DUCATTI, C.; LOUREIRO, M. E. Drought tolerance of t o field-grown clones of *Coffea canephora*. **Plant Science**, v. 164, n. 1, p. 111-117, 2003.

DaMATTA, F. M.; RONCHI, C. P.; MAESTRI, M.; BARROS, R. S. Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, p. 485-510, 2007.

DEVREUX, M.; VALLAYES, G.; POCHE, P.; GILLES, A. **Recherches sur l'autostérilité du caféier robusta (*Coffea canephora* Pierre)**. Bélgica: Institut National pour l' Etude Agronomique du Congo belge, 1959. 78p.

ERSOY, O. Surface area and volume measurements of volcanic ash particles by SEM stereoscopic imaging. **Journal of Volcanology and Geothermal Research**, v. 190, p. 290-296, 2010.

FERRÃO, R. G.; CRUZ, C. D.; FERREIRA, A.; CECON, P. R.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; CARNEIRO, P. C. S.; SILVA, M. F. Parâmetros genéticos em café Conilon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 61-69, 2008.

FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; De MUNER, L. H. **Conilon Coffee**, 3rd edition updated and expanded. Vitória: Incaper, 2019c. p. 973p.

FERREIRA, M.; MOTA, F. M.; ASSIS, E. S.; LUPPI, A. S. L.; PELUZIO, J. B. E.; SANTOS, A. R.; BRAGANÇA, R. Café no território rural do Caparaó-ES. In: TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T.; JESUS JÚNIOR, W. C.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; MARTINS, L. D.; RODRIGUES, W. N. **Inovação, difusão e integração: bases para a sustentabilidade da cafeicultura**. Alegre: CCA-UFES, 2012. p. 245-268.

FONSECA, A. F. A.; SEDIYAMA, T.; CRUZ, C. D.; SAKAIYAMA, N. S.; FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; BRAGANÇA, S. M. Genetic divergence in Conilon coffee. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 4, p. 599-605, 2006.

GONELI, A. L. D.; CORRÊA, P. C.; MAGALHÃES, F. E. A.; BAPTESTINI, F. M. Contração volumétrica e forma dos frutos de mamona durante a secagem. **Acta Scientiarum. Agronomy**,

v. 33, n. 1, p. 1-8, 2011.

HASTENREITER, F. A.; FARIA, R. T. De; MEIRELES, E. J. L.; CHIBANA, E. Y.; RIBAS, A. F.; GOMES, C. D. Estimativa da massa e volume de frutos de café usando métodos não destrutivos. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia, SP. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2007.

MAGALHÃES, A. C.; COUTO, S. M.; QUEIROZ, D. M. de; ANDRADE, E. T. de. Dimensões principais, massa e volume unitários, esfericidade e ângulo de repouso de frutos de café. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 2, n. 2, p. 39-56, 2000.

MARTINS, L. D.; RODRIGUES, W. N.; MACHADO, L. S.; BRINATE, S. V. B.; COLODETTI, T. V.; AMARAL, J. F. T.; TOMAZ, M. A. Evidence of genetic tolerance to low availability of phosphorus in the soil among genotypes of *Coffea canephora*. **Genetics and Molecular Research**, v. 14, n. 3, p. 10576-10587, 2015.

MARTINS, L. D.; TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T.; BRAGANÇA, S. M.; MARTINEZ, H. E. P.; REIS, E. F.; RODRIGUES, W. N. Nutritional efficiency in clones of Conilon coffee for phosphorus. **Journal of Agricultural Science**, v. 5, p. 130-140, 2013.

MEIRELES, E. J. L.; CAMARGO, M. B. P.; PEZZOPANE, J. R. M.; THOMAZIELLO, R. A.; FAHL, J. I.; BARDIN, L.; SANTOS, J. C. F.; JAPIASSÚ, L. B.; GARCIA, A. W. R.; MIGUEL, A. E.; FERREIRA, R. A. **Fenologia do Cafeeiro**: condições agrometeorológicas e balanço hídrico do ano agrícola 2004–2005. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 128p.

MELE, D.; DELLINO, P.; SULPIZIO, R.; BRAIA, G. A systematic investigation on the aerodynamics of ash particles. **Journal of Volcanology and Geothermal Research**, v. 203, p. 1-11, 2011.

MOHSENIN, N. N. **Physical properties of plant and animal materials**. New York: Gordon and Breach, 1986. 841p.

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

PREZOTTI, L. C.; BRAGANÇA, S. M. Acúmulo de massa seca e NPK em diferentes materiais

genéticos de café Conilon. **Coffee Science**, v. 8, n. 3, p. 284-294, 2013.

RODRIGUES, W. N.; COLODETTI, T. V.; BRINATE, S. V. B.; MARTINS, L. D.; TOMAZ, M. A. Genetic variability for sprout growth among genotypes of *Coffea canephora* led by bending of orthotropic stems. **Genetics and Molecular Research**, v. 16, p. 1-12, 2017.

RODRIGUES, W. N.; TOMAZ, M. A.; FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A. Diversity among genotypes of Conilon coffee selected in Espírito Santo state. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 6, p. 1643-1650, 2015.

RODRIGUES, W. N.; TOMAZ, M. A.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; MIRANDA, F. D. Estimativa de parâmetros genéticos de grupos de clones de café Conilon. **Coffee Science**, v. 7, p. 177-186, 2012.

RODRIGUES, W. N.; TOMAZ, M. A.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; MARTINS, L. D. Crop yield bienniality in groups of genotypes of Conilon coffee. **African Journal of Agricultural Research**, v. 8, p. 4422-4426, 2013.

SHARMA, V.; DAS, L.; PRADHAN, R. C.; NAIK, S. N.; BHATNAGAR, N.; KUREEL, R. S. Physical properties of tung seed: an industrial oil yielding crop. **Industrial Crops and Products**, v. 33, p. 440-444, 2011.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **The Indian Journal of Genetics e Plant Breeding**, v. 41, p. 237-245, 1981.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H.; DICKEY, D. A **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. New York: McGrawHill, 1997. 666p.

WEBER, E. A. **Armazenagem agrícola**. Porto Alegre: La Salle, 1995. 395p.

CAPÍTULO 4

EFICIÊNCIA PRODUTIVA DE GENÓTIPOS DE *Coffea canephora* EM RELAÇÃO À QUANTIDADE DE ÁGUA DISPONIBILIZADA

RESUMO

Objetivou-se avaliar a eficiência produtiva de 27 genótipos de *Coffea canephora* em função da quantidade de água disponibilizada ao longo das quatro primeiras safras. O campo experimental foi conduzido no município de Castelo-ES, a uma altitude de 126 m, empregando o espaçamento de 3,0 × 1,0 m entre plantas, seguindo esquema de parcelas subdivididas, 27 × 4, em delineamento de blocos casualizados e quatro repetições. O fator parcela correspondeu aos 27 genótipos de cafeeiro Conilon e o fator subparcela correspondeu às quatro primeiras safras produtivas. Em cada safra se contabilizou a quantidade de água disponibilizada às parcelas experimentais por meio da irrigação e da precipitação. Após a colheita dos frutos em cada safra, calculou-se a produtividade de café beneficiado de cada genótipo e, ao dividir a produção de café de cada genótipo em cada safra pela quantidade de água disponibilizada ao longo do respectivo ciclo reprodutivo, obteve-se a eficiência de produção de café beneficiado em função da quantidade de água disponibilizada. Houve diferença entre os genótipos para a eficiência de produção e comportamento diferencial da eficiência de cada genótipo ao longo das quatro primeiras colheitas. Os genótipos 108 e 201 se destacam por apresentar, em média, as maiores eficiências, enquanto os genótipos 203 e 307 se destacam pelas menores. O genótipo 102 não variou significativamente a eficiência de produção ao longo das colheitas, elegendo-o como o mais estável entre os genótipos. O estudo do comportamento dos genótipos de cafeeiro Conilon para a eficiência produtiva surge como ferramenta para contribuir na seleção de genótipos em condições específicas de aproveitamento da água, o que pode auxiliar no uso racional e conservação dos recursos hídricos.

Palavras-chave: Cafeeiro Conilon. Irrigação. Produtividade. Variabilidade genética.

PRODUCTIVE EFFICIENCY OF GENOTYPES OF *Coffea canephora* REGARDING THE AMOUNT OF WATER MADE AVAILABLE

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the productive efficiency of 27 genotypes of *Coffea*

canephora regarding the amount of water made available over the first four reproductive cycles. The experimental field was conducted in the municipality of Castelo-ES, at an altitude of 126 m, using the spacing 3.0×1.0 m between plants, following a split plot scheme, 27×4 , in a randomized block design and using four repetitions. The parcel corresponded to 27 genotypes of Conilon coffee and the sub-parcel corresponded to the first four productive cycles. During each cycle, the amount of water added to the experimental field through irrigation and precipitation was accounted. After each harvest of the fruits, the crop yield of processed coffee for each genotype was calculated and, by dividing the coffee production of each genotype after each harvest by the amount of available water for that cycle, the efficiency of the production in function of the amount of available water was obtained. There was differential behavior among the 27 genotypes for production efficiency in each cycle, as well as significant differences in efficiency along the years for most genotypes. The genotypes 108 and 201 stood out for presenting, on average, the highest efficiencies, while genotypes 203 and 307 stand out for the lowest. The genotype 102 did not significantly change the production efficiency along cycles, being elected as the most stable among the genotypes. In the current climatic scenario of the regions where coffee is cultivated, the study of the behavior of genotypes of Conilon coffee for productive efficiency arises as a tool to contribute in the selection of genotypes under specific conditions of water use, which can assist in the rational use and conservation of water resources.

Keywords: Conilon coffee. Crop yield. Genetic variability. Irrigation.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de café, sendo o Estado do Espírito Santo o segundo maior produtor nacional. Do total de café produzido por esse Estado, aproximadamente 76% é devido à cafeicultura de Conilon, tornando-o o maior produtor nacional de Conilon (CONAB, 2019). Os grandes avanços tecnológicos e no melhoramento genético dessa espécie têm contribuído para os incrementos expressivos de produtividade no Espírito Santo, com acréscimos na ordem de 277% entre os anos de 2000 e 2019 (CONAB, 2019).

No entanto, mesmo com os avanços obtidos, vários desafios ainda devem ser enfrentados nas muitas áreas do conhecimento sobre a cafeicultura de Conilon, tendo em vista os problemas enfrentados na atualidade, com destaque para o desenvolvimento de novas cultivares adaptadas a diferentes ambientes de cultivo e ajustadas aos cenários de mudanças climáticas, o aprimoramento dos manejos de irrigação e o estudo do desenvolvimento do cafeeiro Conilon

em convivência com a seca (FERRÃO et al., 2019a).

O emprego da irrigação nas lavouras cafeeiras de Conilon tem grande parcela de responsabilidade sobre os aumentos de produtividade obtidos, pois possibilita suprir a demanda hídrica nos períodos de seca (BUNN et al., 2015; PARTELLI, 2015; MAGIERO et al., 2017). Dados apontam que 58% das áreas produtoras de Conilon no Espírito Santo apresentam problemas de restrição hídrica, onde o uso da irrigação se torna imprescindível ao fornecer a quantidade de água deficitária e melhorar os índices produtivos e de qualidade dos grãos (PEZZOPANE et al., 2010; FERNANDES et al., 2012; BONOMO et al., 2013).

Diversos são os relatos que demonstram a importância da irrigação no cafeeiro, no qual o adequado suprimento de água possibilitou maior crescimento vegetativo inicial em relação à condição de déficit hídrico (ARAÚJO et al., 2011), aumentou a emissão de gemas nos ramos plagiotrópicos (CARVALHO et al., 2006) e o número de ramos plagiotrópicos (NAZARENO et al., 2003), aumentou o número de flores emitidas por gema (MASSARIRAMBI et al., 2009), melhorou o desenvolvimento e granação dos frutos (PEZZOPANE et al., 2010), promoveu incrementos consideráveis de produtividade (BONOMO et al., 2017), entre outros tantos benefícios.

Inserido nesse contexto, surge a necessidade de se conhecer os efeitos da variabilidade genética do cafeeiro Conilon em resposta à disponibilização de água, a fim de verificar genótipos mais eficientes na utilização desse recurso. Devido à reprodução naturalmente governada pela autoincompatibilidade gametofítica, *Coffea canephora* apresenta ampla heterogeneidade (FONSECA et al., 2006). É essa elevada variabilidade fenotípica e genotípica que tem possibilitado a seleção e caracterização dos materiais com base em características específicas.

Sendo assim, objetivou-se avaliar a eficiência produtiva de 27 genótipos de *Coffea canephora* em relação à quantidade de água disponibilizada ao longo das quatro primeiras safras.

MATERIAL E MÉTODOS

Condições de cultivo

O campo experimental foi conduzido no distrito de Estrela do Norte, zona rural do município de Castelo, Sul do Estado do Espírito Santo, região Sudeste do Brasil, coordenadas geográficas 20°34'19,6"S e 41°18'51,7"W, a uma altitude de 126 m e relevo plano no local do estudo, com série histórica do município apresentando precipitação anual média de 1098 mm e

temperatura média anual de 24,2 °C (CLIMATE-DATA.ORG, 2019).

A região onde o campo experimental foi implantado se encontra na zona apta ao cultivo de *Coffea canephora* (Figura 1), de acordo com o zoneamento agroclimatológico para a cultura no Estado do Espírito Santo (TAQUES; DADALTO, 2019).

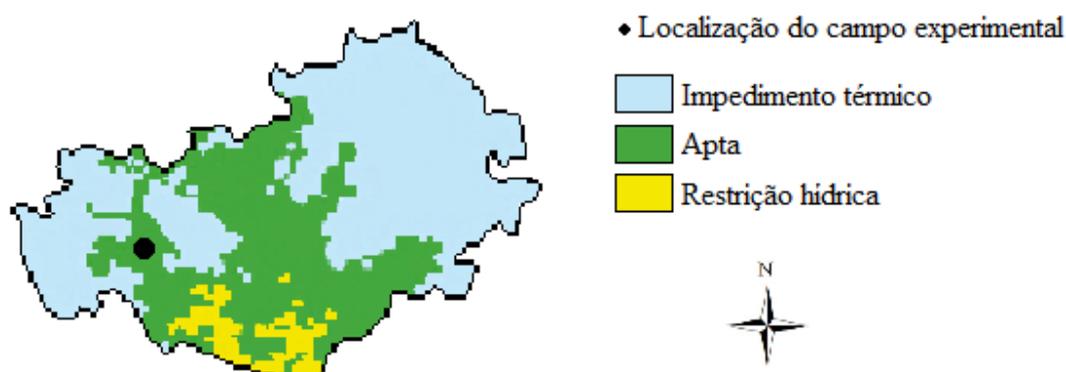


Figura 1. Zoneamento agroclimatológico para o cafeeiro Conilon no município de Castelo, Estado do Espírito Santo (adaptado de TAQUES; DADALTO, 2019) e localização do campo experimental.

O experimento foi implantado em agosto de 2014 no espaçamento de 3,0 × 1,0 m (3.333 plantas ha⁻¹), no qual cada planta foi conduzida com três ramos ortotrópicos (9.999 ramos ha⁻¹), o que proporcionou uma população de plantas e de ramos dentro do recomendado para o cultivo de cafeeiro Conilon (FERRÃO et al., 2019b). Desde o plantio, as adubações e os tratos culturais foram realizados de acordo com as atuais recomendações para a cultura do café Conilon no Estado do Espírito Santo (FERRÃO et al., 2019b).

Monitoramento climatológico e irrigação

Uma estação meteorológica automática (Irriplus modelo E5000) foi instalada no campo experimental para monitoramento das condições climáticas ao longo do período experimental. Dessa forma, foi possível o acompanhamento do índice pluviométrico em cada mês (mm mês⁻¹) e ao longo dos anos.

Amostras simples de solo foram coletadas (caminhamento em zig-zag) antes do plantio e na profundidade de 25 cm para formar uma única amostra destinada à realização das análises físico-hídricas, de modo a estabelecer alguns parâmetros do solo (capacidade de campo, ponto de murcha permanente e densidade do solo) e a curva de retenção de água no solo (obtida com o uso da câmara de pressão de Richards), segundo metodologia da Embrapa (2005) (Figura 2).

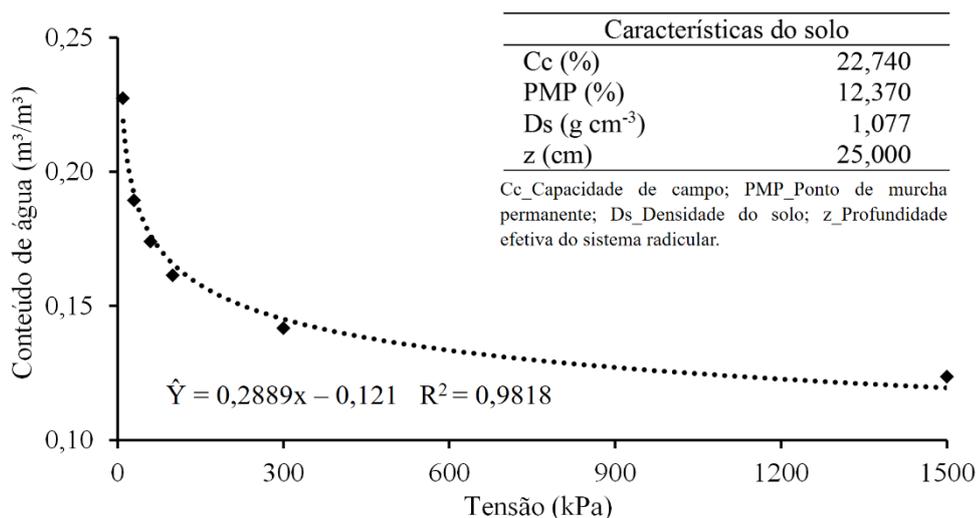


Figura 2. Características do solo e curva de retenção de água no solo do campo experimental (Castelo, Sul do Estado do Espírito Santo, Brasil).

O sistema de irrigação por aspersão em malha fixa também foi avaliado, apresentando resultados satisfatórios para os parâmetros: coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) de 94,54%; coeficiente estatístico de uniformidade (CUE) de 92,67%; coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) de 90,93%; e eficiência de aplicação (Ea) de 95,92%. Estes resultados indicam que o sistema de irrigação pôde ser classificado como excelente, de acordo com a metodologia de avaliação de sistemas de irrigação proposta por Mantovani et al. (2006).

As irrigações ocorreram todas as vezes em que a tensão de retenção de água no solo (medida por conjunto de três tensiômetros instalados a 25 cm de profundidade) correspondeu àquela referente a 60-70% da água disponível (36 e 26 kPa, respectivamente), com base na curva de retenção de água no solo (Figura 2), de modo a retornar a umidade à capacidade de campo.

As lâminas de irrigação foram calculadas levando em consideração as características do solo (Figura 2), do sistema de irrigação e as tensões de água no solo obtidas nos tensiômetros. Contabilizou-se todas as lâminas de irrigação aplicadas (mm) no campo experimental ao longo dos anos.

Desenho experimental

O experimento foi conduzido em esquema de parcelas subdivididas no tempo, 27×4 , em delineamento de blocos casualizados e quatro repetições. O fator parcela correspondeu aos 27 genótipos de cafeeiro Conilon. O fator subparcela correspondeu às quatro primeiras safras produtivas, sendo as colhidas realizadas nos anos de 2016, 2017, 2018 e 2019. Cada parcela

experimental foi composta por seis plantas.

Os 27 genótipos de cafeeiro Conilon utilizados no estudo foram aqueles que compõem três cultivares clonais certificadas no Brasil pelo SNPC (Serviço Nacional de Proteção de Cultivares), sendo eles: nove genótipos de maturação precoce da cultivar “Diamante ES8112” (número de certificação SNPC: 20140103), referidos no estudo como 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108 e 109; nove genótipos de maturação intermediária da cultivar “Jequitibá ES8122” (número de certificação SNPC: 20140104), denominados como 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208 e 209; e nove genótipos de maturação tardia da cultivar “Centenária ES8132” (número de certificação SNPC: 20140102), denominados como 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308 e 309. Essas cultivares clonais foram desenvolvidas e registradas pelo Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), e são resultados de arranjos compatíveis, caracterizados por alta produtividade e qualidade de bebida (FERRÃO et al., 2019b). As mudas dos genótipos foram selecionadas para compor um grupo homogêneo quanto ao tamanho, enfolhamento, aspectos fitossanitários e nutricionais, sendo adquiridas em viveiro certificado. Quando essas mudas apresentaram três ou quatro pares de folhas totalmente desenvolvidas, realizou-se o plantio no campo.

Avaliação da eficiência de produção

Em cada safra produtiva do cafeeiro Conilon, monitorou-se a quantidade de água adicionada no campo experimental através da irrigação e da precipitação. Para isso, mensurou-se a duração do ciclo iniciado no estágio fenológico de florescimento até a primeira colheita dos frutos no ano subsequente, o que variou conforme o ciclo de maturação dos genótipos (precoce, intermediário e tardio). Posteriormente, a duração do ciclo foi contabilizada entre uma colheita e outra para cada genótipo, o que também variou conforme o ciclo de maturação. Assim, foi possível estimar a quantidade de água total disponibilizada (considerando a soma entre a precipitação e a irrigação) para cada genótipo em função da duração da safra correspondente.

Após a colheita dos frutos em cada safra produtiva, calculou-se a produtividade de café beneficiado de cada genótipo (sacas de 60 kg ha⁻¹). Esse valor foi então convertido em gramas de café beneficiado por metro quadrado (g m⁻²). Da mesma forma, converteu-se o valor de disponibilização de água (mm) para cada genótipo (precipitação + irrigação no período) em metro cúbico de água por metro quadrado (m³ m⁻²). Dessa forma, ao dividir a produção de café de cada genótipo (g m⁻²) em cada safra produtiva pela quantidade de água disponibilizada para aquela produção (m³ m⁻²), obteve-se a eficiência de produção de café beneficiado em função da

quantidade de água disponibilizada (EP; g m^{-3}).

Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p \leq 0,05$), de modo a verificar a existência de diferenças significativas entre os genótipos e entre as safras produtivas. Na presença de efeito significativo, utilizou-se o critério de Scott-Knott para análise das médias dos genótipos e o teste de Tukey para comparação das médias das safras, ambos em nível de 5% de probabilidade. A análise dos dados foi realizada utilizando o programa estatístico “SISVAR” (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se, na Figura 3, a precipitação, lâmina de irrigação e temperatura média de cada mês para o período compreendido entre setembro de 2015 a agosto de 2019.

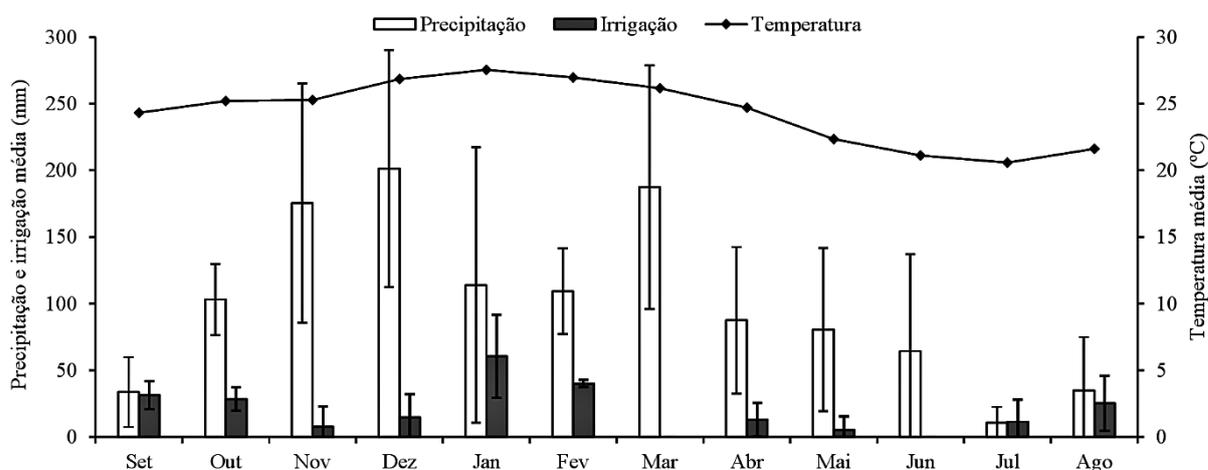


Figura 3. Precipitação acumulada média (mm), lâmina de irrigação acumulada média (mm), temperatura média (°C) e o desvio-padrão de cada mês para o período compreendido entre setembro de 2015 a agosto de 2019 (48 meses) (Castelo, Sul do Estado do Espírito Santo, Brasil).

Não foi necessário realizar irrigações nos meses de março e junho em nenhuma das quatro safras produtivas, demonstrando que a precipitação ocorrida nesses meses foi suficiente para atender a demanda das plantas. O maior índice médio de precipitação ocorreu no mês de dezembro (201,4 mm) e o maior índice médio de irrigação ocorreu no mês de janeiro (60,4 mm). A temperatura média do período foi de 24,4 °C, sendo janeiro o mês mais quente (média

de 27,5 °C) e julho o mês mais frio (média de 20,6 °C) (Figura 3). Notou-se que a temperatura média no período estudado se encontra 0,2 °C acima da média histórica do município realizada entre 1982 e 2012 (CLIMATE-DATA.ORG, 2019).

No geral, durante os meses de janeiro, abril, maio, junho, julho, agosto e setembro, ocorreram maiores oscilações da precipitação. Quanto à necessidade de irrigação, notou-se os menores desvios-padrão no mês de fevereiro, e os maiores desvios nos meses de abril, maio, julho, agosto, novembro e dezembro (Figura 3).

O zoneamento agroclimatológico para a cultura do cafeeiro Conilon no Estado do Espírito Santo indicou como apta a área onde o experimento foi conduzido, sendo esta região caracterizada com precipitação acumulada anual entre 1100 e 1200 mm e precipitação acumulada no período estival (setembro a fevereiro) entre 750 e 930 mm (TAQUES; DADALTO, 2019).

Os dados obtidos demonstraram que a precipitação média anual ocorrida ao longo do período experimental correspondeu a 1201,5 mm, enquanto a precipitação acumulada média no período estival correspondeu a 736,6 mm. Nesse contexto, a irrigação forneceu média de 182,2 mm de água no período estival, o que resultou num total médio de 918,8 mm neste período (precipitação + irrigação), sendo este valor condizente com o zoneamento agroclimatológico. Com isso, os dados reforçam a necessidade do uso de irrigação na região do estudo, principalmente no período estival, pois corresponde ao período de formação dos frutos e máxima demanda por água no cafeeiro Conilon (TAQUES; DADALTO, 2019; PEZZOPANE et al., 2010).

Poucos relatos na literatura expressão a faixa de disponibilização de água adequada para o desenvolvimento do cafeeiro Conilon. Matiello (1991) afirma que índices de precipitação entre 900 e 1000 mm anuais seriam satisfatórios para o cultivo dessa espécie. No entanto, com os avanços tecnológicos e no melhoramento genético, houve incrementos consideráveis nos índices de produtividade, o que acarreta a necessidade de condições hídricas mais favoráveis para o alcance de melhores resultados (TAQUES; DADALTO, 2019). Contudo, é válido ressaltar a dificuldade em se determinar uma faixa ideal de disponibilização de água para o cafeeiro Conilon, visto que o espaçamento de plantio, a densidade de ramos ortotrópicos por planta e o manejo de poda podem alterar consideravelmente a demanda por água dessas plantas, o que torna necessário o manejo da irrigação conforme a demanda das plantas.

No presente estudo, os genótipos de cafeeiro Conilon receberam, ao longo das quatro primeiras safras produtivas, média de disponibilização de água (precipitação + irrigação) de 1438,2 mm, considerando uma população de 3333 plantas por hectare e três ramos verticais por

planta (9999 ramos ortotrópicos por hectare). No entanto, infere-se que a população de plantas e de ramos ortotrópicos esteve diretamente relacionada com a quantidade de água requerida pelo cafeeiro. Essa hipótese pode ser corroborada com base num estudo demonstrando que, ao longo de três safras produtivas do Conilon e com uma população de 4166 plantas por hectare e três ramos ortotrópicos por planta (12500 ramos por hectare), houve a necessidade de disponibilização média de 1700,5 mm de água (BONOMO et al., 2017). No cafeeiro Arábica há relatos de que o aumento considerável no número de plantas por hectare comprometeu a sustentabilidade do sistema produtivo, pois houve incrementos desproporcionais no consumo de água em relação ao pequeno aumento na produtividade (SERRA et al., 2013). Essas considerações reforçam a necessidade de um adequado planejamento sobre a população de plantas e ramos ortotrópicos a serem implementados no cultivo do cafeeiro.

Através da análise de variância, observou-se efeito significativo para a interação entre os genótipos e as safras produtivas, sendo analisado o desdobramento dos fatores da interação (Tabela 1).

Tabela 1. Síntese da análise de variância para a eficiência de produção de café beneficiado em função da quantidade de água disponibilizada (EP; g m⁻³), tendo como fatores os 27 genótipos de cafeeiro Conilon e as quatro primeiras safras produtivas (1^a colheita, 2^a colheita, 3^a colheita e 4^a colheita) (Castelo, Sul do Estado do Espírito Santo, Brasil).

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrado Médio
Blocos	3	8908,7405 ^{ns}
Genótipos	26	73520,2855*
Resíduo (a)	(78)	3452,3431
Colheitas	3	1231761,5136*
Genótipos × Colheitas	78	22132,0848*
Resíduo (b)	(243)	2808,3329
CV a (%)	22,46	
CV b (%)	20,25	
Média geral	261,63	

* e ^{ns} significativo e não significativo, respectivamente, pelo teste F (p≤0,05).

Foi possível observar a formação de diferentes grupos de médias entre os genótipos de cafeeiro Conilon para a eficiência de produção de café beneficiado em função da quantidade de água disponibilizada (EP), em cada safra produtiva (1^a colheita, 2^a colheita, 3^a colheita e 4^a colheita) (Tabela 2). Na primeira colheita, observou-se a formação de três grupos de médias para a EP dos genótipos, sendo o grupo de maiores médias composto pelos genótipos 105, 108, 201 e 308, enquanto que o grupo de menores médias foi formado pelo 106, 202, 203, 207, 208, 209, 301, 302, 303, 304, 305, 307 e 309 (Tabela 2).

Na segunda colheita, encontrou-se seis grupos de médias para a EP, em que apenas o genótipo 108 integrou o grupo de maior média, enquanto os genótipos 102, 203, 305 e 309 formaram o grupo com as menores médias (Tabela 2). Foram encontrados quatro grupos de médias para a EP na terceira colheita, na qual os genótipos 104, 108 e 201 integraram o grupo de maiores médias, enquanto os genótipos 202, 203, 204, 209 e 307 formaram o grupo com as menores médias de EP (Tabela 2).

Tabela 2. Comparação de médias para a eficiência de produção de café beneficiado em função da quantidade de água disponibilizada (EP; g m^{-3}) de 27 genótipos de cafeeiro Conilon, em cada uma das quatro primeiras safras produtivas (1ª colheita, 2ª colheita, 3ª colheita e 4ª colheita) (Castelo, Sul do Estado do Espírito Santo, Brasil).

Genótipos	EP (g m^{-3})							
	1ª colheita		2ª colheita		3ª colheita		4ª colheita	
101	123,4	b	326,7	d	235,4	c	326,1	c
102	157,0	b	203,8	f	244,5	c	194,1	e
103	119,2	b	264,2	e	359,6	b	414,6	c
104	127,7	b	311,9	d	418,4	a	259,6	d
105	177,9	a	323,8	d	256,5	c	359,1	c
106	87,8	c	479,7	c	234,6	c	251,8	d
107	132,2	b	316,4	d	308,4	b	266,7	d
108	183,0	a	722,6	a	427,1	a	358,4	c
109	131,3	b	437,3	c	278,9	c	319,9	c
201	242,9	a	588,6	b	422,2	a	451,6	b
202	91,1	c	336,0	d	190,9	d	186,8	e
203	61,2	c	201,9	f	151,1	d	73,9	f
204	134,6	b	459,6	c	210,2	d	192,3	e
205	121,0	b	441,6	c	363,1	b	244,6	d
206	120,6	b	261,4	e	330,6	b	561,1	a
207	48,1	c	359,4	d	259,1	c	276,6	d
208	106,1	c	498,9	c	309,0	b	331,8	c
209	94,5	c	385,3	c	180,3	d	190,6	e
301	65,0	c	259,7	e	327,9	b	370,5	c
302	42,3	c	293,1	d	295,7	b	323,7	c
303	73,2	c	435,5	c	340,3	b	257,3	d
304	81,5	c	391,6	c	284,4	c	291,3	d
305	54,6	c	184,2	f	244,5	c	271,7	d
306	112,8	b	370,6	d	313,4	b	368,4	c
307	43,4	c	257,7	e	123,5	d	95,9	f
308	172,3	a	418,1	c	253,4	c	338,3	c
309	58,8	c	188,7	f	286,4	c	348,7	c

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na comparação entre os genótipos (coluna), não diferem entre si pelo critério de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Na quarta colheita, também se observou a formação de seis grupos para a EP, em que apenas o genótipo 206 integrou o grupo de maior média, enquanto os genótipos 203 e 307 formaram o grupo com as menores médias (Tabela 2).

De modo geral, notou-se que apenas o genótipo 203 integrou o grupo com as menores

médias de EP em todas as quatro colheitas, seguido pelo genótipo 307. Em contrapartida, o genótipo 108 foi o que mais vezes integrou o grupo de maiores médias (1^a, 2^a e 3^a colheita), seguido pelo genótipo 201.

Vale ressaltar a ampla diferenciação observada entre os genótipos para a EP em cada colheita, visto a formação de diversos grupos de genótipos. Vários estudos já demonstraram a existência de diferenças entre os genótipos de cafeeiro Conilon, podendo ser citado aqueles relacionados aos aspectos biométricos (FONSECA et al., 2006; RODRIGUES et al., 2017), ao ciclo de maturação (RODRIGUES et al., 2012; 2015), à eficiência nutricional (MARTINS et al., 2013), à resistência a doenças (BELAN et al., 2015), à tolerância a estresses nutricionais (COLODETTI et al., 2014), tolerância à seca (DaMATTA et al., 2003) e parâmetros nutricionais em resposta à seca (STARLING et al., 2019). Nesse contexto, pôde-se constatar as contribuições da eficiência produtiva para o agrupamento dos genótipos, sendo este um resultado interessante para programas de melhoramento genético do cafeeiro Conilon. Esses resultados são de extrema relevância para os programas de melhoramento genético, uma vez que a diversidade genética existente entre os genótipos possibilita a identificação de materiais com respostas satisfatórias ou não à irrigação (SILVA; REIS, 2019).

Ressalta-se que a média (quatro colheitas) de produção de café beneficiado por metro cúbico de água disponibilizada para os genótipos 108 e 201 foram, respectivamente, 422,8 e 426,3 g m⁻³ (Tabela 2). Com a finalidade comparativa, observou-se um estudo no qual a maior média de produtividade (três colheitas) e com nível adequado de disponibilização hídrica (Kc ajustado em 1,07) foi obtida pelo genótipo “bamburral” (124 sacas ha⁻¹) (BONOMO et al., 2017). Porém, ao dividir essa produção pela quantidade de água disponibilizada, chegou-se ao valor de EP de 437,5 g m⁻³ para o genótipo “bamburral”, sendo este resultado muito próximo ao observado para os genótipos 108 e 201, mesmo que a densidade de plantas e ramos ortotrópicos por hectare do referido estudo seja muito superior ao estabelecido no presente trabalho.

Na Figura 4 foi possível observar o comportamento da EP dos genótipos ao longo das quatro colheitas. Notou-se diferenciação para as respostas em eficiência produtiva ao longo das colheitas, com exceção apenas para o genótipo 102 que não diferiu sua EP ao longo do tempo. Análises de estabilidade de produção de um determinado genótipo estarão relacionadas com sua previsibilidade de comportamento, sendo fundamental que os genótipos apresentem a menor variabilidade possível de produção ao longo de sucessivas colheitas, o que pode viabilizar sua recomendação de plantio (FERRÃO et al., 2019a).

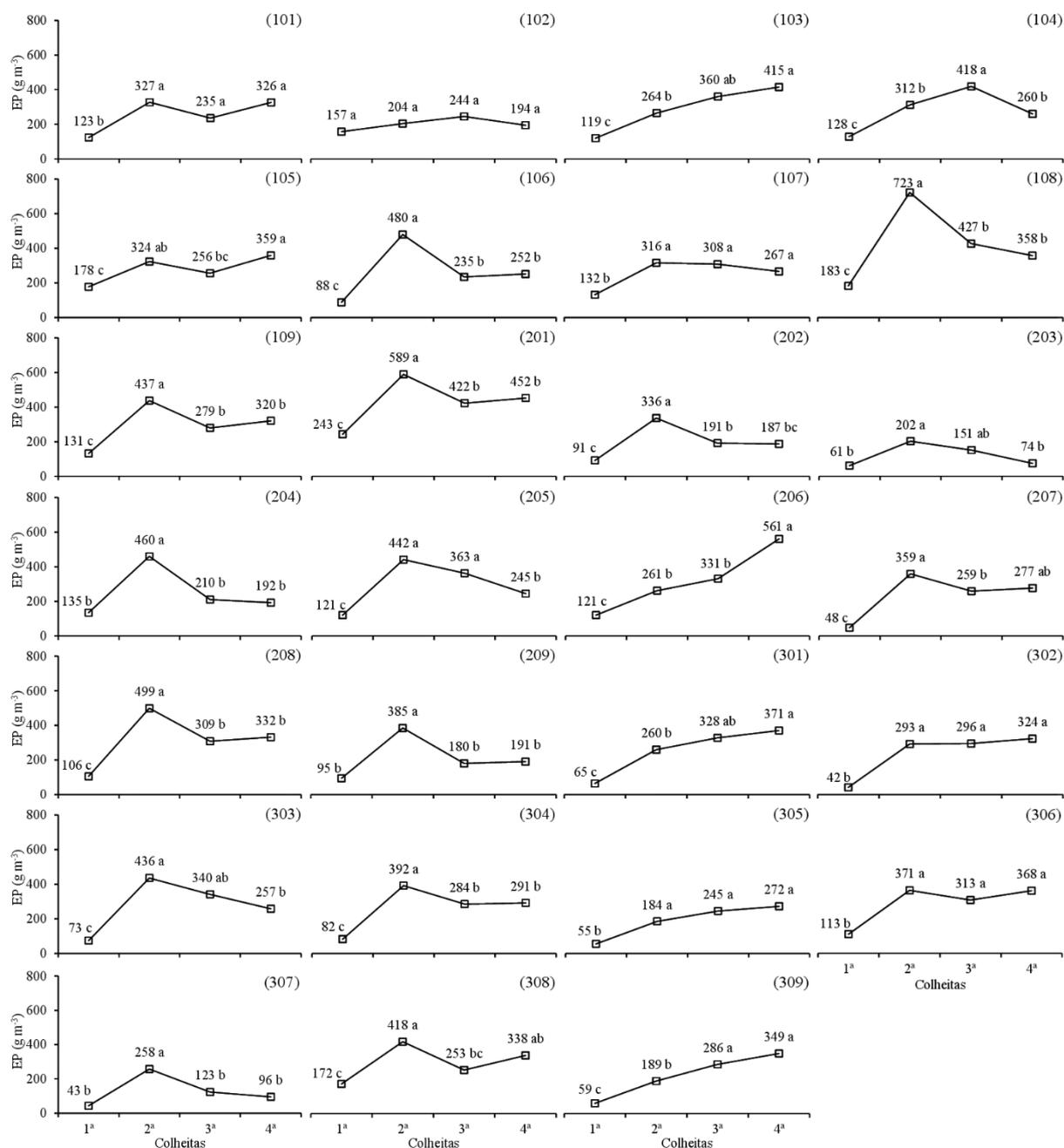


Figura 4. Eficiência de produção de café beneficiado em relação à quantidade de água disponibilizada (EP; $g\ m^{-3}$) de 27 genótipos de cafeeiro Conilon, ao longo das quatro primeiras safras produtivas (1ª colheita, 2ª colheita, 3ª colheita e 4ª colheita) (Castelo, Sul do Estado do Espírito Santo, Brasil). Médias seguidas pela mesma letra minúscula na comparação entre as colheitas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Os genótipos 101, 107, 203, 204, 209, 302, 305, 306 e 307 foram os que apresentaram menor diferenciação estatística de EP entre as colheitas, com apenas dois níveis de diferenciação de suas médias. No entanto, não necessariamente esses genótipos são mais

estáveis, visto que oscilações expressivas podem ter ocorrido em safras específicas, como é o caso dos genótipos 204, 209, 302, 306 e 307 (Figura 4).

Maiores EP também ocorreram em determinadas colheitas para alguns genótipos, como é o caso do 106, 108, 109, 201, 202, 203, 204, 207, 208, 209, 303, 304, 307 e 308 que apresentaram maiores EP na segunda colheita. O genótipo 104 apresentou maior EP na terceira colheita, enquanto para o 103, 105, 206 e 301, isso ocorreu na quarta colheita. O genótipo 309 apresentou maior EP nas duas últimas colheitas (terceira e quarta), enquanto o 205 apresentou na segunda e terceira colheita. Os genótipos 101, 107, 302, 305 e 306 apresentaram maiores EP na segunda, terceira e quarta colheita (Figura 4).

Nota-se que uma tendência de menores valores sendo obtidos na primeira colheita e para todos os genótipos, devido ao fato de serem plantas ainda jovens na primeira produção (menos de 24 meses). Esse comportamento de menor produtividade na primeira colheita também já foi observado para outros genótipos de cafeeiro Conilon sob irrigação (BONOMO et al., 2017).

As observações levantadas sobre a eficiência de produção de café em função da quantidade de água disponibilizada possibilitou explorar de forma representativa o comportamento dos genótipos, visto que o estudo seguiu premissas para minimizar variações advindas do ambiente e poder verificar, de forma mais expressiva, os efeitos do fator genotípico. Maior controle das condições ambientais em cada ano e local de cultivo (*e.g.*, uso de irrigações manejadas) visam diminuir as variações extrínsecas na produtividade dos genótipos, que é uma característica quantitativa poligênica e muito influenciada pelo ambiente (FERRÃO et al., 2019a). Além disso, a coleta dos dados de produção obtidos ao longo das quatro safras consecutivas possibilita atribuir confiabilidade ao potencial produtivo de cada genótipo de cafeeiro Conilon (FONSECA et al., 2004).

A obtenção do índice de eficiência em utilizar a água proposto no presente estudo está em conformidade com outros cálculos de eficiência, pois relaciona a produtividade de cada genótipo com a quantidade de água disponibilizada (VICENTE et al., 2015). Esses dados contribuem para o manejo adequado e estratégico da água na cafeicultura, possibilitando aumentar o índice de eficiência através dos materiais com as maiores produtividades (KARATAS et al., 2009), uma vez que a eficiência no uso da água pode ser favorecida com os acréscimos em produtividade sem aumentar a quantidade de água disponibilizada (DINAR, 1993). Nesse contexto, os genótipos com maiores produtividades e eficiência em utilizar a água (*e.g.*, 108 e 201) contribuem para a racionalização dos recursos hídricos, pois cada grama de café produzido utilizou, aproximadamente, 2,36 litros de água ($141,6 \text{ m}^3$ de água por saca de café beneficiado), enquanto isso, os genótipos menos produtivos (*e.g.*, 203 e 307) apresentaram

menores conversões da água, utilizando, aproximadamente, 7,93 litros de água por grama de café (475,8 m³ de água por saca de café beneficiado).

CONCLUSÕES

Há diferenças entre os 27 genótipos de cafeeiro Conilon para a eficiência de produção de café beneficiado em relação à quantidade de água disponibilizada, além de diferenciação para a eficiência de produção de cada genótipo ao longo das quatro primeiras colheitas.

Os genótipos 108 e 201 se destacam por apresentar, na média das quatro primeiras colheitas, as maiores eficiências de produção de café beneficiado em relação à quantidade de água disponibilizada, enquanto os genótipos 203 e 307 se destacam pelas menores eficiências.

O genótipo 102 não variou significativamente sua eficiência de produção ao longo das colheitas, elegendo-o como o mais estável entre os genótipos. Além disso, na média das quatro primeiras colheitas, o genótipo 102 apresenta estimativas intermediárias para a eficiência de produção de café beneficiado em relação aos demais genótipos.

O estudo do comportamento dos genótipos de cafeeiro Conilon para a eficiência produtiva surge como ferramenta para contribuir na seleção de genótipos em condições específicas de aproveitamento da água, o que pode auxiliar no uso racional e conservação dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, G. L.; REIS, E. F.; MORAES, W. B.; GARCIA, G. O.; NAZÁRIO, A. A. Influência do déficit hídrico no desenvolvimento inicial de duas cultivares de café Conilon. **Irriga**, v. 16, n. 2, p. 115-124, 2011.

BELAN, L. L.; JESUS JUNIOR, W. C.; SOUZA, A. F.; ZAMBOLIM, L.; TOMAZ, M. A.; ALVES, F. R.; FERRÃO, M. A. G.; AMARAL, J. F. T. Monitoring of leaf rust in Conilon coffee clones to improve fungicide use. **Australasian Plant Pathology**, v. 44, n. 1, p. 5-12, 2015.

BONOMO, D. Z.; BONOMO, R.; PARTELLI, F. L.; SOUZA, J. M. Genótipos de café Conilon sob ajuste de diferentes coeficientes de cultura ajustados. **Irriga**, v. 22, n. 2, p. 236-248, 2017.

BONOMO, D. Z.; BONOMO, R.; PARTELLI, F. L.; SOUZA, J. M.; MAGIERO, M.

Desenvolvimento vegetativo do cafeeiro Conilon submetido a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 7, n. 2, p. 157-169, 2013.

BUNN, C.; LADERACH, P.; RIVERA, O. O.; KIRSCHKE, D. A bitter cup: climate change profile of global production of Arabica and Robusta coffee. **Climatic Change**, v. 129, n. 1, p. 89-101, 2015.

CARVALHO, C. H. M.; COLOMBO, A.; SCALCO, M. S.; MORAIS, A. R. Evolução do crescimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) irrigado e não irrigado em duas densidades de plantio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 2, p. 243-250, 2006.

CLIMATE-DATA.ORG. **Clima:** Castelo-ES. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/espírito-santo/castelo-43566/?amp=true>>. Acesso em: 06 de novembro de 2019.

COLODETTI, T. V.; RODRIGUES, W. N.; MARTINS, L. D.; TOMAZ, M. A. Differential tolerance between genotypes of Conilon coffee (*Coffea canephora*) to low availability of nitrogen in the soil. **Australian Journal of Crop Science**, v. 8, p. 1648-1657, 2014.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra Brasileira:** café. Brasília: Conab, 2019. 61p.

DaMATTA, F. M.; CHAVES, A. R. M.; PINHEIRO, H. A.; DUCATTI, C.; LOUREIRO, M. E. Drought tolerance of field-grown clones of *Coffea canephora*. **Plant Science**, v. 164, n. 1, p. 111-117, 2003.

DINAR, A. Economic factors and opportunities as determinants of water use efficiency in agriculture. **Irrigation Science**, v. 14, p. 47-52, 1993.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de laboratórios:** Solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos. São Carlos, Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. 334p.

FERNANDES, A. L. T.; PARTELLI, F. L.; BONOMO, R.; GOLYNSKI, A. A moderna cafeicultura dos cerrados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 2, p. 231-240, 2012.

FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; VOLPI, P. S.; VERDIN FILHO,

A. C.; PACOVA, B. E. V.; FERRÃO, L. F. V. *Coffea canephora* breeding. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; De MUNER, L. H. **Conilon Coffee**. 3rd edition updated and expanded. Vitória: Incaper, 2019a. p. 145-201.

FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; De MUNER, L. H. **Conilon Coffee**, 3rd edition updated and expanded. Vitória: Incaper, 2019b. p. 973p.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A Computer statistical Analysis System. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p. 1039-1042, 2011.

FONSECA, A. F. A.; SEDIYAMA, T.; CRUZ, C. D.; SAKAIYAMA, N. S.; FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; BRAGANÇA, S. M. Genetic divergence in Conilon coffee. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 4, p. 599-605, 2006.

FONSECA, A. F. A.; SEDIYAMA, T.; CRUZ, C. D.; SAKIYAMA, N. S.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; BRAGANÇA, S. M. Repeatability and number of harvest required for selection in robusta coffee. **Crop breeding and applied biotechnology**, v. 4, n. 3, p. 325-329, 2004.

KARATAS B. S.; AKKUZU E.; UNAL H. B.; ASIK S.; AVCI M. Using Satellite remote sensing to asses irrigation performance in water user Associations in the Lower Gediz Basin, Turkey. **Agricultural Water Management**, v. 96, p. 982-990, 2009.

MAGIERO, M.; BONOMO, R.; PARTELLI, F. L.; SOUZA, J. B. Crescimento vegetativo do cafeeiro Conilon fertirrigado com diferentes parcelamentos e doses de nitrogênio e potássio. **Revista Agro@mbiente**, v. 11, n. 1, p. 31-39, 2017.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. Viçosa: UFV, 2006. 318p.

MARTINS, L. D.; TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T.; BRAGANÇA, S. M.; MARTINEZ, H. E. P.; REIS, E. F.; RODRIGUES, W. N. Nutritional efficiency in clones of Conilon coffee for phosphorus. **Journal of Agricultural Science**, v. 5, p. 130-140, 2013.

MASSARIRAMBI, M. T.; CHINGWARA, V.; SHONGWE, V. D. The effect of irrigation on synchronization of coffee (*Coffea arabica* L.) flowering and berry ripening at Chipinge, Zimbabwe. **Physical and Chemistry Earth**, v. 34, n. 13-16, p. 786-789, 2009.

- MATIELLO, J. B. **O café: do cultivo ao consumo**. São Paulo: Globo, 1991. 319p.
- NAZARENO, R. B.; OLIVEIRA, C. A. S.; SANZONOWICZ, C.; SAMPAIO, J. B. R.; SILVA, J. C. P.; GUERRA, A. F. Crescimento inicial do cafeeiro Rubi em respostas a doses de nitrogênio fósforo e potássio e a regime hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 8, p. 903-910, 2003.
- PARTELLI, F. L. Café: na história, na economia e no sangue do capixaba. **Revista Procampo**, v. 10, n. 55, p. 16-17, 2015.
- PEZZOPANE, J. R. M.; CASTRO, F. S.; PEZZOPANE, J. E. M.; BONOMO, R.; SARAIVA, G. S. Zoneamento de risco climático para a cultura do café Conilon no Estado do Espírito Santo. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 41, n. 3, p. 341-348, 2010.
- RODRIGUES, W. N.; COLODETTI, T. V.; BRINATE, S. V. B.; MARTINS, L. D.; TOMAZ, M. A. Genetic variability for sprout growth among genotypes of *Coffea canephora* led by bending of orthotropic stems. **Genetics and Molecular Research**, v. 16, p. 1-12, 2017.
- RODRIGUES, W. N.; TOMAZ, M. A.; FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A. Diversity among genotypes of Conilon coffee selected in Espírito Santo state. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 6, p. 1643-1650, 2015.
- RODRIGUES, W. N.; TOMAZ, M. A.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; MIRANDA, F. D. Estimativa de parâmetros genéticos de grupos de clones de café Conilon. **Coffee Science**, v. 7, p. 177-186, 2012.
- SERRA, E. L.; SCALCO, M. S.; GUIMARÃES, R. J.; COLOMBO, A.; MORAIS, A. R.; CARVALHO, C. H. M. Funções de produção do cafeeiro irrigado e sob diferentes densidades de plantio. **Coffee Science**, v. 8, n. 2, p. 157-165, 2013.
- SILVA, J. G. F.; REIS, E. F. Irrigation and Water Management in Conilon Coffee. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; De MUNER, L. H. **Conilon Coffee**. 3rd edition updated and expanded. Vitória: Incaper, 2019. p. 438-471.
- STARLING, L. C. T.; MARTINS, L. D.; RODRIGUES, W. N.; REINICKE, T. M.; COLODETTI, T. V.; AMARAL, J. F. T.; PARTELLI, F. L.; TOMAZ, M. A.; ESPINDULA, M. C. Genetic diversity in nutritional parameters in response to drought of *Coffea canephora*

cultivated in Rondonia state, Brazil. **Genetics and Molecular Research**, v. 18, n. 2, p. e18300, 2019.

TAQUES, R. C.; DADALTO, G. G. Agroclimatic Zoning for Conilon Coffee Culture in the State of Espírito Santo. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; DeMUNER, L. H. **Conilon Coffee**. 3rd edition updated and expanded. Vitória: Incaper, 2019. p. 70-83.

VICENTE, M.; FERNANDES, A. L. T.; MANTOVANI, E. C.; DELAZANI, F. Efeito de diferentes lâminas de irrigação nas variáveis de desenvolvimento e produção do cafeeiro irrigado por pivô central. **Irriga**, v. 20, n. 3, p. 528-543, 2015.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há expressão de variabilidade entre os 27 genótipos de cafeeiro Conilon quando cultivados na região Sul do Estado do Espírito Santo para as características biométricas e produtividade, para o desempenho fotossintético, para as características dos frutos e para a eficiência de produção em relação à quantidade de água disponibilizada, mesmo partindo de um grupo de genótipos melhorados para a qualidade de bebida e produtividade, o que reforça a necessidade da realização de estudos do comportamento dos genótipos em ambientes distintos.

Dentre as características avaliadas, as que permitem maior verificação da variabilidade, separação do comportamento e agrupamento dos genótipos melhorados de cafeeiro Conilon são o rendimento, a classificação física de grãos, a altura da copa, o comprimento de internódios dos ramos plagiotrópicos, a produção de massa seca total do ramo plagiotrópico, a produtividade, a taxa de assimilação de carbono, a condutância estomática, a taxa de transpiração, o comprimento longitudinal dos frutos, a produção de biomassa seca total dos frutos, o comprimento transversal menor dos frutos e a eficiência de produção de café beneficiado em relação à quantidade de água disponibilizada ao longo das colheitas, quando cultivados na região Sul do Estado do Espírito Santo.

Os genótipos 108 e 201 são os mais produtivos e com as maiores eficiências de produção em função da quantidade de água disponibilizada na média das quatro colheitas, com destaque para o 201 ao mostrar menor amplitude de variação da produtividade ao longo das safras. Os genótipos 203 e 307 apresentam as menores produtividades e menores eficiências produtivas. O genótipo 102 não varia significativamente sua eficiência de produção em função da água disponibilizada ao longo das colheitas, elegendo-o como o mais estável entre os genótipos. O genótipo 108 também apresenta elevada taxa fotossintética associada a maiores teores de clorofila e razoável eficiência fotossintética no uso da água. Os genótipos 205, 206 e 305 se destacam em termos de eficiência instantânea de carboxilação, de uso fotossintético da água e assimilação de carbono. O genótipo 208 apresenta maiores comprimentos principais dos frutos, maior área superficial e volume unitário, maior teor de sólidos solúveis totais e maior produção de massa seca dos frutos, além de maior relação de massa alocada nos grãos, enquanto o genótipo 302 apresenta resultados contrários ao observado para o 208, além de estar entre os genótipos que mais destinam biomassa para ser alocada nas cascas dos frutos.