

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

BRUNO FARDIM CHRISTO

**CARACTERIZAÇÃO DE CLONES DE CAFEIEIRO CONILON EM SISTEMA
CONSORCIADO COM COQUEIRO-ANÃO**

ALEGRE-ES

2017

BRUNO FARDIM CHRISTO

**CARACTERIZAÇÃO DE CLONES DE CAFEIEIRO CONILON EM SISTEMA
CONSORCIADO COM COQUEIRO-ANÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito à obtenção do título de *Magister Scientiae* em Produção Vegetal.

Orientador: Marcelo Antonio Tomaz
Coorientadores: Wagner Nunes Rodrigues
José Francisco Teixeira do Amaral

ALEGRE-ES

2017

Christo, Bruno Fardim, 1992-
C556c Caracterização de clones de cafeeiro conilon em sistema
 consorciado com coqueiro-anão / Bruno Fardim Christo. – 2016.
 37 f. : il.

Orientador: Marcelo Antonio Tomaz.

Coorientador: Wagner Nunes Rodrigues ; José Francisco Teixeira do
Amaral.

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

1. Café conilon. 2. Coqueiro. 3. Genética vegetal. I. Tomaz, Marcelo
Antonio. II. Rodrigues, Wagner Nunes. III. Amaral, José Francisco
Teixeira do. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de
Ciências Agrárias e Engenharias. V. Título.

BRUNO FARDIM CHRISTO

**CARACTERIZAÇÃO DE CLONES DE CAFEIEIRO CONILON EM SISTEMA
CONSORCIADO COM COQUEIRO-ANÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito à obtenção do título de *Magister Scientiarum* em Produção Vegetal.

Aprovada em 21 de julho de 2017.


D. Sc. Marcelo Antonio Torres
CCAE-UFES (Orientador)


D. Sc. Fábio Luiz de Oliveira
CCAE-UFES


D. Sc. Wagner Nunes Rodrigues
Pós-Doutorando em Produção Vegetal CCAE-
UFES (Coorientador)


D. Sc. Lima Deleon Martins
Pós-Doutorando Produção em Vegetal CCAE-
UFES

Dedico esta dissertação aos meus pais, Dimas Sasso Christo e Maria Inês Fardim, que desde cedo me ensinaram a importância da educação na formação de um ser humano, sempre prestaram suporte, apoio e incentivo as minhas decisões e souberam valorizar minhas escolhas.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.

Marthin Luther King

BIOGRAFIA

Bruno Fardim Christo, filho de Dimas Sasso Christo e Maria Inês Fardim, nasceu em 1º de junho de 1992, em Castelo, estado do Espírito Santo. Coursou o ensino fundamental, entre 2004 a 2007, na Escola Municipal Constantino José Vieira, em Castelo, ES. Coursou o ensino médio, entre 2008 a 2010, na Escola Estadual Emílio Nemer, em Castelo, ES. Em fevereiro de 2010, ingressou no curso Técnico em Eletromecânica no Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), concluindo o mesmo no ano de 2012. No ano de 2011, ingressou no curso de Agronomia pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), em Alegre, ES, graduando-se em fevereiro de 2016. Em Março de 2016, iniciou o Curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, no Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, tendo defendido a dissertação em 21 de julho de 2017.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas realizações e momentos de felicidade, que iluminam e me dão força para seguir a minha caminhada, e pelos momentos de dificuldade que me moldam a cada instante, para ser um ser humano mais digno, a exemplo de Cristo.

Ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, pela oportunidade de estudo. À CAPES, pela bolsa concedida.

Ao professor Marcelo Antonio Tomaz, pelo auxílio, paciência, firmeza, amizade, apoio e incentivo na orientação deste trabalho.

Aos meus pais, Dimas Sasso Christo e Maria Inês Fardim, por todo o amor, carinho, orgulho, incentivo e confiança depositadas.

À minha companheira Fernanda Dassie Rangel, pela paciência, carinho, companheirismo e apoio incondicional em todos os momentos, principalmente nos de incerteza, além do acolhimento, junto de sua família.

À minha família, primos e tios, pelas orações, carinho, apoio, em todos os momentos que precisei; vocês são a base de tudo.

Aos amigos Wagner Nunes Rodrigues, Lima Deleon Martins e Tafarel Victor Colodetti, por toda disponibilidade, ajuda, apoio, incentivo e auxílio no desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores do curso de Agronomia e do curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal, pelos ensinamentos transmitidos, em especial ao Prof. Dr. Edvaldo Fialho dos Reis.

Aos amigos Sebastião Vinícius Batista Brinate, Wellington Abltd Erlacher, Adan Dezan Cogo, Dionísio Olivas, Igor Faé e Felipe Cabral, que, de uma forma ou de outra, sempre estiveram presentes.

A todos aqueles que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho, o meu humilde e sincero agradecimento.

Muito obrigado a todos vocês!

RESUMO

O estudo de genótipos de *Coffea canephora* em diferentes ambientes, considerando as distinções de suas características edafoclimáticas e as técnicas utilizadas no sistema de produção, é uma ferramenta importante no processo de identificação de plantas adaptadas a determinado sistema de cultivo. O objetivo deste trabalho foi caracterizar o desenvolvimento de genótipos de cafeeiro conilon em sistema consorciado. O experimento foi realizado no município de Colatina-ES, em lavoura de cafeeiro conilon consorciado com coqueiro-anão, em delineamento inteiramente casualizado, onde foram avaliadas características de crescimento, de produção e nutricionais de oito genótipos de cafeeiro conilon em seis repetições. Foi possível verificar variação de resposta entre os genótipos para características relacionadas à arquitetura de ramos, produção de frutos e aspectos nutricionais. Os genótipos 83 e 48 apresentaram número superior de frutos por ramo, além de crescimento vigoroso e maiores conteúdos nutricionais, e, juntamente com o genótipo 153, apresentaram folhas maiores e com maior teor de clorofila *b*. O genótipo 02 também apresentou maior teor de clorofila *b*, mas sem desenvolver folhas grandes. Já os genótipos 16 e 100 apresentaram menores teores de clorofila *b* e maiores desenvolvimento de folhas. Os genótipos 03 e 76 caracterizam-se por apresentarem menores índices de colheita e menor acúmulo de nutrientes em seus ramos. Observou-se que os descritores: número de frutos por ramo plagiotrópico, massa seca dos ramos plagiotrópicos e conteúdos nutricionais de ramos e frutos de genótipos de cafeeiro conilon podem ser úteis para facilitar futuros estudos de variabilidade entre genótipos em sistemas consorciados.

Palavras-chave: Consórcio, *Coffea canephora*, *Cocos nucifera*.

ABSTRACT

The study of *Coffea canephora* genotypes in different environments, and the different edaphoclimatic characteristics and techniques used in the production system is an important tool in the process of identifying plants adapted to a particular cropping system. The objective of this study was to characterize the development of Conilon coffee genotypes in an intercropping system. The experiment was carried out in the municipality of Colatina-ES, in an intercropped Conilon plantation with dwarf coconut, in a completely randomized design, where growth, production and nutritional characteristics of eight Conilon coffee genotypes were evaluated in six replicates. It was possible to verify a variation between genotypes in the characteristics related to tree architecture, fruit production and nutritional aspects. The genotypes 83 and 48 presented higher number of fruits per branch, besides vigorous growth and higher nutritional contents, and, together with genotype 153, presented larger leaves with higher content of chlorophyll b. Genotype 02 also had higher chlorophyll b content, but did not develop large leaves. However, the genotypes 16 and 100 presented lower levels of chlorophyll b and greater leaf development. Genotypes 03 and 76 are characterized by lower harvest rates and lower nutrient accumulation in their branches. It was observed that the descriptors: number of fruits per plagiotropic branch, dry mass of plagiotropic branches and nutritional contents of branches and Conilon coffee genotypes fruits may be useful to ease future studies of variability among genotypes in intercropping systems.

Keywords: Intercropping, *Coffea canephora*, *Cocos nucifera*.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Precipitação e temperatura média no período de junho de 2015 a maio de 2016 em Pau de Graça Aranha, Colatina-ES.....16
- Figura 2.** Distribuição representativa das linhas do cafeeiro conilon e do coqueiro-anão no sistema consorciado, em Pau de Graça Aranha, Colatina-ES, 2016.....17

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Atributos físico-químicos do solo do campo experimental	15
Tabela 2. Descrição dos genótipos de <i>Coffea canephora</i> Pierre ex Froehner empregados no estudo	18
Tabela 3. Características morfológicas e produção de frutos de genótipos de <i>Coffea canephora</i> Pierre ex Froehner cultivados em consórcio com coqueiro-anão (<i>Cocos nucifera</i> L.), em Pau de Graça Aranha, Colatina-ES (Ciclo 2016-2017).....	21
Tabela 4. Teores de clorofila e relações foliares de genótipos de <i>Coffea canephora</i> Pierre ex Froehner cultivados em consórcio com coqueiro-anão (<i>Cocos nucifera</i> L.), em Pau de Graça Aranha, Colatina-ES (Ciclo 2016-2017).....	23
Tabela 5. Razão de área foliar, matéria seca dos ramos plagiotrópicos e alocação de biomassa de genótipos de <i>Coffea canephora</i> Pierre ex Froehner cultivados em consórcio com coqueiro-anão (<i>Cocos nucifera</i> L.), em Pau de Graça Aranha, Colatina-ES (Ciclo 2016-2017).....	25
Tabela 6. Conteúdos de nutrientes por ramo plagiotrópico produtivo de genótipos de <i>Coffea canephora</i> Pierre ex Froehner cultivados em consórcio com coqueiro-anão (<i>Cocos nucifera</i> L.), em Pau de Graça Aranha, Colatina-ES (Ciclo 2016-2017).....	27
Tabela 7. Conteúdos de nutrientes em frutos maduros de genótipos de <i>Coffea canephora</i> Pierre ex Froehner cultivados em consórcio com coqueiro-anão (<i>Cocos nucifera</i> L.), em Pau de Graça Aranha, Colatina-ES (Ciclo 2016-2017).....	28

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
2.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL	15
2.2 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA CONSORCIADO E MANEJO.....	16
2.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	17
2.4 CARACTERÍSTICAS AVALIADAS.....	18
2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA	19
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
3.1 CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS	20
3.2 CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA, CLOROFILAS E ALOCAÇÃO DE BIOMASSA	21
3.3 CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL.....	27
4. CONCLUSÃO	30
5. REFERÊNCIAS	31

1. INTRODUÇÃO

O café é conhecido mundialmente como um dos principais produtos agrícolas, sendo verificado seu cultivo em mais de 80 países (MARRACCINI et al., 2012). Nesse cenário o Brasil ocupa posição de destaque, sendo o maior produtor e exportador mundial do grão, e o segundo maior mercado consumidor (SANTOS et al., 2015).

Frente às implicações das mudanças climáticas no cenário agrícola mundial, os sistemas consorciados têm-se apresentado como alternativa interessante para o cultivo do cafeeiro, conferindo a possibilidade de mitigação dos efeitos nocivos das mudanças climáticas sobre a produção de café (DaMATTA, 2004; DaMATTA; RAMALHO, 2006; DaMATTA et al., 2007b; PEZZOPANE et al., 2011; RODRÍGUEZ-LÓPEZ et al., 2013). A possibilidade de atenuação dos estresses abióticos pela técnica do consórcio possibilita o cultivo do cafeeiro em regiões onde as condições podem limitar o desenvolvimento da cultura, além de permitir uma produção diversificada (SILVA et al., 2013; CAMARGO, 2010).

Nesse sentido, análises sistemáticas de estratégias de mitigação e adaptação à vulnerabilidade climática em *Coffea canephora* (MARTINS et al., 2017) indicam que o cultivo em sistemas agroflorestais e/ou arborizados podem ser recomendados para regiões norte e noroeste do estado do Espírito Santo.

O consórcio do cafeeiro pode fornecer ainda outros benefícios, tais como melhorias nas condições de conservação de umidade do solo, diminuição de danos causados pelos ventos (DaMATTA; RAMALHO, 2006; PEZZOPANE et al., 2010), possibilidade de melhoria na fertilidade do solo (VAAST et al., 2005), redução da ocorrência de plantas espontâneas (SILVA et al., 2013), melhoria no aproveitamento da mão de obra (APARECIDO et al., 2014) e favorecimento do retorno financeiro (CHUNG et al., 2013).

O uso do coqueiro-anão consorciado com o cafeeiro já tem sido empregado em sistemas produtivos; possibilitando a observação que o coqueiro-anão modificou os padrões de incidência de radiação fotossinteticamente ativa sobre as plantas de café, promoveu diminuição da incidência dos ventos sobre os cafeeiros, alterações no regime térmico e de umidade relativa do ar (PEZZOPANE et al., 2011), além de não causar impactos negativos na produtividade quando comparado a sistemas convencionais (PEZZOPANE; CAMARGO, 2007).

Estudos demonstram a existência de variabilidade entre genótipos de *C. canephora* para diversas características, como taxas de crescimento (RODRIGUES et al., 2015;

RODRIGUES et al., 2016), aspectos nutricionais (COLODETTI et al., 2015; MARTINS et al., 2016) e produtividade (RODRIGUES et al., 2013). Acredita-se que exista variabilidade na expressão de características fenotípicas dos genótipos de conilon quando cultivados em sistemas sombreados, o que possibilita, por meio da avaliação dessas características, a identificação dos materiais mais adaptados ao cultivo consorciado (CAVATTE et al., 2013); porém, ainda há carência de informações sobre o potencial dos diferentes materiais genéticos de conilon nesses sistemas de cultivo (DaMATTA et al., 2007b).

Além disso, embora muitos estudos referentes ao desenvolvimento e nutrição mineral de diferentes genótipos de cafeeiro conilon sejam relatadas na literatura (COLODETTI et al., 2015; MARTINS et al., 2016), pouco se conhece sobre o desenvolvimento e a nutrição de genótipos de cafeeiro conilon em cultivos consorciados.

A adoção desse sistema de cultivo deve ser embasada em critérios técnicos que envolvam a análise de diversos fatores, tais como a escolha da espécie/cultivar adequada, o nível de sombreamento, a fertilidade, a irrigação, a altitude e o clima (ABDO et al., 2008). Assim, a técnica de consorciação se torna tão importante quanto a seleção de genótipos de cafeeiro conilon agronomicamente viáveis e adequados para tal sistema (DaMATTA, 2004; DaMATTA; RAMALHO, 2006; DaMATTA et al., 2007b; PEZZOPANE et al., 2011; RODRÍGUEZ-LÓPEZ et al., 2013).

O objetivo deste trabalho foi caracterizar o desenvolvimento de genótipos de cafeeiro conilon em sistema de cultivo consorciado com coqueiro-anão (*Cocos nucifera* var. *nana* L.).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL

O estudo foi realizado na localidade de Pau de Graça Aranha, no município de Colatina, região Noroeste do estado do Espírito Santo, localizado no Sudeste do Brasil (19°19'5,61'' S, 40°36'13,64'' W).

A altitude local é de 116 m e o solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (EMBRAPA, 2014), com características físico-químicas apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Atributos físico-químicos do solo do campo experimental

Atributos	Valores
Areia (%) ¹	56,00
Silte (%) ¹	12,00
Argila (%) ¹	32,00
pH ²	6,39
P (mg dm ⁻³) ³	10,41
K (mg dm ⁻³) ⁴	157,00
Ca (cmolc dm ⁻³) ⁵	4,47
Mg (cmolc dm ⁻³) ⁵	2,26
Al (cmolc dm ⁻³) ⁵	0,00
H+Al (cmolc dm ⁻³) ⁵	3,63
Soma de Bases (cmolc dm ⁻³)	7,30
CTC efetiva (cmolc dm ⁻³)	7,30
CTC potencial (cmolc dm ⁻³)	10,93
Saturação por bases (%)	66,80
Saturação por alumínio (%)	0,00

¹ Método da pipeta (agitação lenta); ² pH em água (relação 1:2,5); ³ Extraído por Mehlich 1 e determinado por colorimetria; ⁴ Extraído por Mehlich 1 e determinado por fotometria de chama; ⁵ Extraído com cloreto de potássio 1 mol L⁻¹ e determinado por titulometria (EMBRAPA, 1997).

O clima da região apresenta duas estações bem definidas durante o ano, sendo uma quente e chuvosa entre os meses de novembro a março e outra fria e seca nos meses abril a Setembro. A região se encontra na zona apta de cultivo do café conilon (PEZZOPANE et al., 2012).

Foram coletados, no ciclo fenológico 2015-2016, dados de precipitação e temperatura (Figura 1) por meio de uma estação meteorológica automática localizada próxima ao experimento, sendo estes fornecidos pelo INCAPER (Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural). Evidencia-se que a temperatura média do período

foi cerca de 2,1 °C acima do relatado historicamente para a região (24,2 °C) e se observa apenas 215,2 mm de precipitação acumulada, enquanto que a média esperada para a região é de 1.147 mm (FEITOSA et al., 1979).

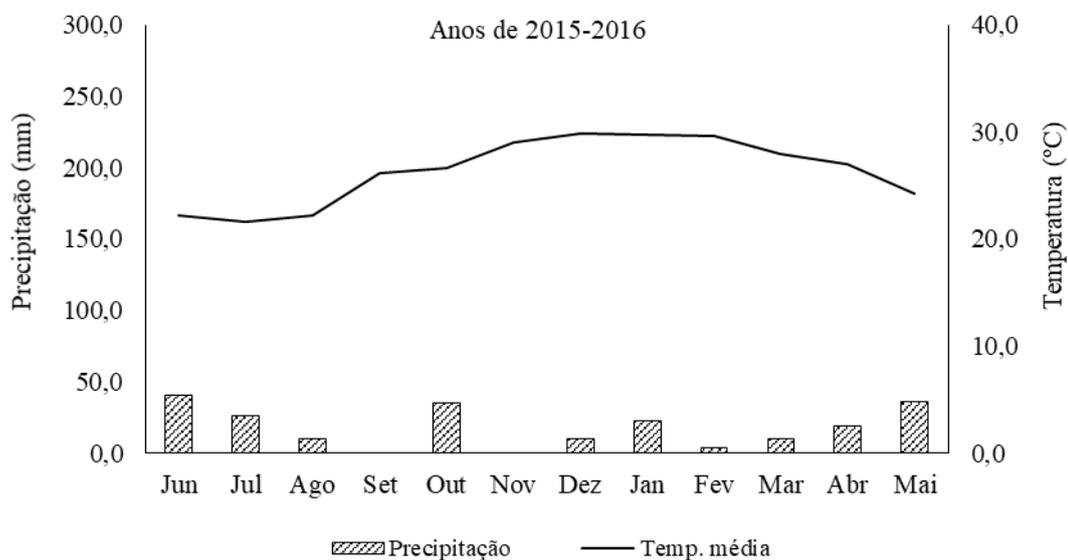


Figura 1. Precipitação e temperatura média no período de junho de 2015 a maio de 2016 em Pau de Graça Aranha, Colatina-ES

2.2 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA CONSORCIADO E MANEJO

As plantas de café conilon foram cultivadas com espaçamento 3 x 1 m, com manutenção de quatro hastes por planta, consorciadas com as plantas de coqueiro-anão (*Cocus nucifera* L.), cultivadas em espaçamento de 10 x 5 m. As linhas de café foram dispostas afastadas 2 m das linhas de coqueiro-anão. O sistema foi composto pela distribuição sequencial de três linhas de café e uma linha de coco (Figura 2).

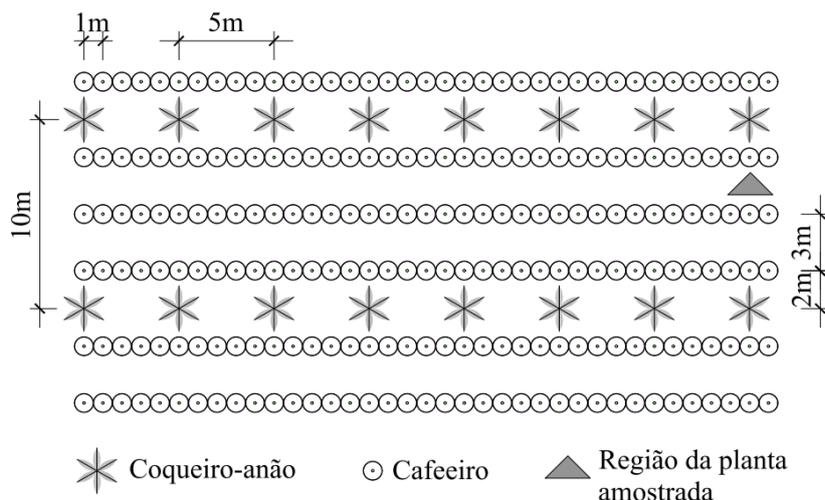


Figura 2. Distribuição representativa das linhas do cafeeiro conilon e do coqueiro-anão no sistema consorciado, em Pau de Graça Aranha, Colatina-ES, 2016

Foi realizada irrigação por aspersão a fim de atender a demanda hídrica da planta somente em períodos críticos (irrigação de salvação). O manejo das plantas de cafeeiro foi realizado seguindo as recomendações para o café conilon no estado do Espírito Santo (PREZOTTI et al., 2007; FERRÃO et al., 2007; 2012).

A cultura do coqueiro-anão promoveu redução de aproximadamente 40% da irradiância incidente sobre as plantas de café, essa medição foi realizada no horário 12 horas, em dia sem nebulosidade e característico da estação do ano em que se encontrava (verão), realizou-se a mensuração da irradiância incidente sobre as plantas de cafeeiro e de coqueiro, utilizando-se uma barra medidora de irradiância portátil (LI-COR, modelo LI-191A, precisão: $1 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$).

2.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento seguiu delineamento inteiramente casualizado (DIC) com seis repetições. Foram avaliados oito genótipos de café conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) (ciclo de maturação precoce: 02, 03 e 48; intermediário: 16, 76 e 83; e tardio: 100 e 153) consorciados com coqueiro-anão, em seis repetições (Tabela 2). Os genótipos foram selecionados de acordo com sua importância e adaptação ao local de cultivo e por indicações dos produtores locais e técnicos do INCAPER. Os mesmos foram distribuídos na área de maneira completamente aleatória, visando explorar a diversidade de cada um como estratégia de promoção da polinização cruzada dentro do sistema (CONAGIN;

MENDES, 1961; FERRÃO et al., 2007), com identificação individual dos genótipos nas parcelas.

Tabela 2. Descrição dos genótipos de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner empregados no estudo

Genótipo	Componente da cultivar	Grupo de ciclo e maturação	Fonte
02	Emcapa 8111	Precoce	Bragança et al. (2001)
03	Emcapa 8111	Precoce	Bragança et al. (2001)
48	Incaper 8142 – Conilon Vitória	Precoce	Fonseca et al. (2004)
16	Emcapa 8121	Intermediário	Bragança et al. (2001)
83	Incaper 8142 – Conilon Vitória	Intermediário	Fonseca et al. (2004)
76	Incaper 8142 – Conilon Vitória	Intermediário	Fonseca et al. (2004)
100	Emcapa 8131	Tardio	Bragança et al. (2001)
153	Emcapa 8131	Tardio	Bragança et al. (2001)

EMCAPA – Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária; INCAPER – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural.

2.4 CARACTERÍSTICAS AVALIADAS

O sistema foi cultivado até que ambas as culturas estivessem formadas, com plantas adultas, dossel formado, em plena produção e sombreamento configurado, o que resultou nas avaliações durante o oitavo ano de idade das plantas. Em cada planta estudada, foram realizadas avaliações de arquitetura e morfologia no final da fase de maturação dos frutos. As avaliações contemplaram ramos ortotrópicos e plagiotrópicos selecionados na porção mediana da copa, representativos do crescimento e da produção das plantas durante o presente ciclo.

A altura da planta (ALT; cm) e o comprimento do ramo plagiotrópico (CRP; cm) foram determinados utilizando uma trena graduada em centímetros. O número de ramos plagiotrópicos (NRP), número de frutos do ramo plagiotrópico (NFR) e número de nós por ramo plagiotrópico (NNR) foram obtidos por meio de contagem direta.

A área foliar unitária (AFU; cm²) foi estimada pelo método de medidas lineares proposto por Barros et al. (1973), visto sua eficiência para o cafeeiro conilon (BRINATE et al., 2015). Já a área foliar específica (AFE; cm² g⁻¹) foi obtida pela razão entre a área foliar e sua massa seca. Determinou-se também a área foliar disponível (AFD; cm² por fruto) pela razão entre a área foliar do ramo e o número de frutos do ramo.

Foi avaliado o teor de clorofila *a*, *b* e clorofila total em folhas do terceiro/quarto par a partir do ápice do ramo plagiotrópico, utilizando o medidor portátil de teor de clorofila

“ClorofiLOG” Falker modelo CFL1030.

Os ramos plagiotrópicos avaliados foram coletados e separados em folhas, caule e frutos para mensuração da biomassa. Após a avaliação, as folhas, caules e frutos dos ramos plagiotrópicos avaliados foram separados e acondicionados em sacos de papel, levados para secagem, em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 65 °C, até massa constante. A matéria seca de cada órgão foi usada para determinação da matéria seca dos ramos (MSR; g), expresso como o total acumulado. A razão de área foliar (RAF; cm² g⁻¹) foi determinada pela relação entre a área foliar e a matéria seca total de cada ramo plagiotrópico. A razão de massa caulinar (RMC; g g⁻¹) foi calculada pela relação entre a matéria seca do caule e a matéria total do ramo plagiotrópico. A razão de massa foliar (RMF; g g⁻¹) foi obtida pela razão entre a matéria seca das folhas e a matéria seca total do ramo plagiotrópico. Por fim, o índice de colheita (IC; g g⁻¹) foi calculado pela razão entre a matéria seca dos frutos e a matéria seca total do ramo plagiotrópico.

Após a secagem do material vegetal em estufa e a determinação da matéria seca dos ramos plagiotrópicos e alocação de biomassa, o material vegetal foi triturado em moinho de facas tipo Wiley (malha 20 mesh), separadamente, para obtenção de um pó homogêneo, e então acondicionado em sacos de papel para análises químicas dos teores nutricionais.

A determinação dos teores dos nutrientes foi realizada de acordo com a metodologia descrita pela EMBRAPA (1997). Todos os procedimentos foram realizados no laboratório de nutrição mineral de plantas da Universidade Federal do Espírito Santo.

De posse dos resultados das análises nutricionais, foram calculados os conteúdos de nutrientes nos ramos e nos frutos, a partir dos dados de acúmulo de matéria seca dos ramos e frutos, sendo assim, foi possível estimar a exportação de nutrientes pelos frutos do cafeeiro.

2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade e, quando observada significância das fontes de variação, aplicou-se o critério de Scott-Knott (5% de probabilidade) para comparação dos genótipos. A análise estatística foi realizada com o auxílio do programa computacional GENES (CRUZ, 2013).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS

A ocorrência de condições de baixa pluviosidade e elevadas temperaturas, como a que foi observada (Figura 1), podem promover consideráveis alterações fisiológicas e bioquímicas que irão afetar negativamente o cafeeiro (DaMATTA; RAMALHO, 2006). Mesmo sob condições adversas de precipitação e temperatura que ocorreram na região durante o estudo, tem sido possível explorar a cafeicultura na região com a adoção de técnicas mitigadoras. Nesse sentido, DaMatta (2004) sugere que os sistemas sombreados, como é o caso dos consórcios, são alternativas de gestão dos cultivos, visto ser uma possibilidade útil de mitigar as flutuações climatológicas (DaMATTA; RAMALHO, 2006; PEZZOPANE et al., 2010; PEZZOPANE et al., 2011), podendo tornar os cultivos viáveis mesmo sob algumas condições adversas.

Trabalhos realizados por Pezzopane et al. (2003, 2005, 2007) evidenciaram modificações positivas de elementos meteorológicos em sistemas de cultivos consorciados em relação ao cultivo a pleno sol. Esses autores observaram diferenças microclimáticas relacionadas à incidência da radiação solar, temperatura do ar, velocidade do vento e déficit de pressão de vapor. Cavatte et al. (2013) observaram que quando o cafeeiro é cultivado associado a espécies arbóreas, os danos causados por geadas, excesso de radiação, ventos e extremos de temperaturas são diminuídos consideravelmente.

No consórcio entre o coqueiro-anão e o cafeeiro conilon, a cultura do coqueiro promoveu diminuição da irradiância que as plantas de cafeeiro receberam, visto que a irradiância incidente sobre o coqueiro foi de aproximadamente $1250 \mu\text{mol (fótons) m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e a incidente sobre o cafeeiro foi de $750 \mu\text{mol (fótons) m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, sendo este, um fator importante na regulação do crescimento e desenvolvimento do cafeeiro. Algumas plantas C3, como é o caso do cafeeiro e do coqueiro, podem saturar o aparelho fotossintético com baixos níveis de radiação (LARCHER, 2000), o que torna o consorciamento dessas espécies interessante, principalmente para a cultura sombreada, desde que em nível adequado para o correto funcionamento metabólico do seu fotossistema.

A cultura do coqueiro, secundária e de menor interesse econômico neste sistema, mesmo sendo uma planta C3 como o café, absorve grande parte da radiação incidente sobre o cultivo consorciado, convertendo essa radiação em biomassa e podendo sofrer estresses

fotooxidativos. Paralelo a isso, a cultura do café, de maior interesse econômico, recebe apenas parte da radiação incidente, fazendo com que essa radiação seja melhor utilizada para a conversão em biomassa, atenuando os efeitos do excesso de radiação e, conseqüentemente, mitigando a fotorrespiração do cafeeiro (LARCHER, 2000; KIRSCHBAUM, 2011; CAVATTE et al., 2012).

Assim, o crescimento das plantas depende diretamente dos fatores intrínsecos ao material genético e, dentre outros fatores, da conversão de energia luminosa em energia química, cuja expressividade é proporcional à interceptação de luz pelo dossel da planta, o que torna importante determinar variáveis tais como a alocação de biomassa e o índice de colheita, para melhor compreensão do desenvolvimento da cultura (SILVA et al., 2005).

3.2 CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA, CLOROFILAS E ALOCAÇÃO DE BIOMASSA

Fazendo uma avaliação das variáveis morfológicas, para altura de planta não foi observado diferença estatística entre os genótipos estudados, pois, ao final de uma longa sequência de ciclos, os materiais passaram a não se diferenciarem em altura absoluta da copa (Tabela 3).

Tabela 3. Características morfológicas e produção de frutos de genótipos de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner cultivados em consórcio com coqueiro-anão (*Cocos nucifera* L.), em Pau de Graça Aranha, Colatina-ES (Ciclo 2016-2017)

Genótipos	ALT (cm)	NRP (Unid.)	NFR (Unid.)	CRP (cm)	NNR (Unid.)
02	226,33 a	40,83 b	75,83 c	52,50 b	18,83 a
03	197,67 a	49,33 a	59,83 d	43,50 b	15,00 b
48	231,83 a	43,00 b	147,67 a	59,50 b	19,00 a
16	214,83 a	45,17 a	112,67 b	53,50 b	14,83 b
83	229,67 a	47,83 a	161,00 a	84,50 a	18,67 a
76	215,50 a	49,17 a	58,83 d	47,33 b	14,67 b
100	197,67 a	41,33 b	76,67 c	59,67 b	12,33 b
153	210,67 a	37,83 b	93,00 c	52,33 b	16,83 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. ALT – altura de planta; NRP – número de ramos plagiotrópicos; NFR – número de frutos por ramo; CRP – comprimento do ramo plagiotrópico; NNR – número de nós por ramo plagiotrópico.

O genótipo 83 se destacou em relação às características morfológicas e de produção (NRP, NFR, CRP e NNR), visto ser o único a integrar o grupo de médias superiores para todas as variáveis analisadas (Tabela 3). O vigor, a alta capacidade relativa de emissão de estruturas vegetativas e número de frutos por ramo, faz com que o genótipo 83 se destaque nesse

sistema.

O genótipo 48 foi capaz de produzir bons resultados em número de frutos por ramo e número de nós por ramos, o que normalmente se correlaciona com a capacidade produtiva da planta (PARTELLI et al., 2013). No entanto, esse material não se igualou ao genótipo 83, devido ao menor número e comprimento de ramos plagiotrópicos, sendo estas as únicas características morfológicas que se diferiram entre os referidos materiais (Tabela 3).

De modo geral, o genótipo 16 apresentou resultados intermediários quanto às características analisadas, porém, respondeu de forma considerável em relação ao número de ramos plagiotrópicos e número de frutos por ramo, variáveis estas que podem afetar positivamente a produtividade deste genótipo (Tabela 3).

O comportamento dos genótipos 02, 100 e 153 foi semelhante para as variáveis morfológicas e de produção de frutos analisadas, porém, com valores menores que os observados para os genótipos 83 e 48 (Tabela 3). Esse comportamento pode ter ocorrido, principalmente, pela menor emissão de frutos por ramo na condição de consórcio com o coqueiro-anão.

Os genótipos 03 e 76 apresentaram os menores números de frutos por ramo, comprimento do ramo e número de nós do ramo plagiotrópico, em contrapartida, apresentaram elevado número de ramos plagiotrópicos (Tabela 3), permitindo inferir que os referidos genótipos investiram em crescimento vegetativo, em detrimento da produção de frutos (menores valores de NFR).

Com base nas características morfológicas e de produção, observa-se um comportamento diferenciado entre os genótipos estudados na condição consorciada com coqueiro-anão.

Os valores de clorofila *a* e clorofila total não diferiram estatisticamente entre os genótipos avaliados (Tabela 4). Tal fato também foi observado por Gonçalves et al. (2007), ao estudar o cafeeiro conilon com sombreamento parcial, e por Araújo et al. (2015), em sistema consorciado de cafeeiro conilon com bananeiras. Com relação aos teores de clorofila *b*, notou-se diferenças significativas entre os genótipos, sendo que os genótipos 02, 48, 83 e 153 formaram um grupo superior para as médias (Tabela 4). Certa plasticidade em relação ao teor de clorofila do cafeeiro também foi observada por Araújo et al. (2015), o que corrobora com os resultados dos teores de clorofila *b* do presente estudo.

Tabela 4. Teores de clorofila e relações foliares de genótipos de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner cultivados em consórcio com coqueiro-anão (*Cocos nucifera* L.), em Pau de Graça Aranha, Colatina-ES (Ciclo 2016-2017)

Genótipos	CL _a (ICF)	CL _b (ICF)	CL _{a+b} (ICF)
02	40,93 a	16,62 a	57,55 a
03	38,78 a	14,00 b	52,78 a
48	41,48 a	17,77 a	59,25 a
16	40,38 a	12,30 b	52,68 a
83	40,85 a	17,18 a	58,03 a
76	40,47 a	14,92 b	55,38 a
100	38,70 a	12,60 b	51,30 a
153	39,98 a	16,22 a	56,20 a
Genótipos	AFU (cm ² folha ⁻¹)	AFE (cm ² g ⁻¹)	AFD (cm ² fruto ⁻¹)
02	35,68 b	116,94 a	6,24 b
03	49,57 a	152,84 a	11,49 a
48	44,32 a	118,99 a	3,87 b
16	46,26 a	131,77 a	3,80 b
83	53,37 a	98,58 a	5,29 b
76	40,62 b	126,52 a	9,68 a
100	49,10 a	121,42 a	6,08 b
153	44,80 a	132,94 a	6,40 b

^{ns} Não significativo e * Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. CL_a – conteúdo de clorofila *a*; CL_b – conteúdo de clorofila *b*; CL_{a+b} – conteúdo de clorofila total; AFU – área foliar unitária; AFE – área foliar específica; AFD – área foliar disponível por fruto.

A clorofila *b* constitui os chamados pigmentos acessórios, que estão relacionados à absorção e transferência de energia pelo complexo-antena até os centros de reação, que por sua vez, estes são constituídos pela clorofila *a* (STREIT et al., 2005). Dessa forma, variações nos teores de clorofila *b* em condições de limitação luminosa constituem um possível processo adaptativo relacionado ao genótipo, a fim de tornar mais eficiente o processo de interceptação da radiação, sendo essas informações embasadas em Lee et al. (1990), Cao (2000) e Feng et al. (2004).

Tais constatações podem explicar os maiores teores de clorofila *b* dos genótipos 02, 48, 83 e 153 (Tabela 4). A variação nos teores de clorofila *b* podem vir a ser um descritor importante na identificação de genótipos com potencial de adaptabilidade aos ambientes sombreados, devido a sua relação fisiológica com as respostas ao sombreamento.

Para área foliar unitária, observou-se diferença significativa entre os genótipos estudados, sendo que os genótipos 02 e 76 apresentaram as menores médias para esta variável (Tabela 4).

De modo a aprimorar a capacidade de interceptação da radiação solar incidente, percebe-se que, além de serem capazes de modificar o conteúdo de clorofila *b*, alguns genótipos (03,

48, 16, 83, 100 e 153) apresentam folhas maiores que outros, o que pode atuar diretamente na quantidade de luz interceptada pela planta (Tabela 4). O aumento da área foliar em ambientes sombreados promove o aumento da capacidade de aproveitamento da luz, como constatado para o cafeeiro conilon sombreado nas observações de Ricci et al. (2013) e Partelli et al. (2006).

Genótipos com folhas maiores podem apresentar melhor resposta ao sombreamento, visto que a maior área foliar atua de modo a aumentar a interceptação luminosa, a fim de sustentar o funcionamento do aparato fotossintético sob condições de menor radiação disponível na copa do cafeeiro.

Com relação à área foliar específica, não foi observada diferença de resposta dos genótipos estudados (Tabela 4). É possível que esse resultado tenha sido obtido porque os genótipos apresentaram um mesmo comportamento de resposta ao sombreamento oriundo do consórcio em relação a esta variável. A área foliar específica está diretamente relacionada com a espessura do limbo foliar, uma vez que, maiores valores de área foliar específica, resultam em folhas mais delgadas e menos densas. Matos et al. (2009), estudando a plasticidade morfoanatômica de *Coffea arabica* L. em resposta à irradiância, verificaram que sob menores irradiâncias, tais como nos cultivos consorciados, as folhas do cafeeiro apresentaram parênquimas paliçádico e lacunoso menos desenvolvidos em relação as folhas de sol e maior quantidade de espaços intercelulares, resultando em folhas com maior área foliar específica.

Quanto a variável área foliar disponível, os genótipos 03 e 76 foram superiores aos demais (Tabela 4). A área foliar disponível remete à área foliar no ramo plagiotrópico disponível para sustentar a produção de um fruto no mesmo. Sendo assim, quanto maior a área foliar disponível, maior a quantidade de fotoassimilados que poderão ser direcionados para a formação dos frutos, possibilitando originar frutos maiores e até de melhor qualidade, ou permitir a produção de frutos sem o depauperamento metabólico do ramo. Uma menor disponibilidade de área foliar para a formação de frutos pode levar as plantas a um grau considerável de depauperamento, capaz de condicionar maiores efeitos bienais, além de prejudicar o enchimento e formação dos frutos da safra vigente.

Diversos fatores podem condicionar variações expressivas na relação entre as folhas e os frutos, podendo ser citados as intrínsecas ao material genético (CARVALHO et al., 2007; RODRIGUES et al., 2014) e as oriundas do manejo de condução de ramos ortotrópicos nas plantas do cafeeiro (COLODETTI, 2016). Cabe ressaltar a importância do equilíbrio da

relação folha/fruto (ALVES, 2008), pois, se não ocorrer um investimento adequado em folhas (fonte) até final da fase de crescimento dos frutos (dreno), poderá haver competição entre o crescimento vegetativo e reprodutivo (DaMATTA et al., 2008).

Ao analisar a razão de área foliar, percebe-se que os genótipos 03 e 76 apresentaram as maiores médias (Tabela 5), indicando que estes materiais formaram uma maior área foliar por unidade de massa seca do ramo plagiotrópico. Esse resultado se deve, principalmente, pelo fato destes genótipos terem apresentado as maiores áreas foliares disponíveis (Tabela 4). No entanto, nota-se que estes materiais foram os que apresentaram menores médias de índice de colheita e de massa seca dos ramos plagiotrópicos (Tabela 5), bem como os menores valores de frutos por ramo (Tabela 3). Dessa forma, esses genótipos podem ter investido mais na formação de folhas, em detrimento do desenvolvimento reprodutivo.

Tabela 5. Razão de área foliar, matéria seca dos ramos plagiotrópicos e alocação de biomassa de genótipos de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner cultivados em consórcio com coqueiro-anão (*Cocos nucifera* L.), em Pau de Graça Aranha, Colatina-ES (Ciclo 2016-2017)

Genótipos	RAF (cm ² g ⁻¹)	MSR (g)	RMC (g g ⁻¹)	RMF (g g ⁻¹)	IC (g g ⁻¹)
02	18,21 b	25,07 c	0,14 b	0,15 b	0,71 a
03	36,54 a	18,79 d	0,13 b	0,24 a	0,63 b
48	17,18 b	33,04 b	0,15 a	0,14 b	0,70 a
16	16,20 b	26,96 c	0,13 b	0,12 b	0,76 a
83	19,28 b	44,31 a	0,17 a	0,19 b	0,64 b
76	31,64 a	17,84 d	0,12 b	0,25 a	0,63 b
100	18,82 b	24,65 c	0,14 b	0,16 b	0,71 a
153	21,58 b	27,39 c	0,12 b	0,17 b	0,71 a

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. RAF – razão de área foliar; MSR – matéria seca de ramos; RMC – razão de massa caulinar; RMF – razão de massa foliar; IC – índice de colheita.

O genótipo 83 foi o que mais alocou biomassa em ramos, seguido pelo genótipo 48 (Tabela 5). Ambos os genótipos foram os que também apresentaram maior proporção da biomassa do ramo alocada no caule (RMC), porém, menores proporções de alocação em folhas e razão de área foliar (Tabela 5).

O índice de colheita do genótipo 48 foi superior, enquanto que o menor resultado foi observado para o 83 (Tabela 5). Vale lembrar que esses genótipos apresentaram os maiores números de frutos e de nós (vegetativo e reprodutivo) no ramo plagiotrópico (Tabela 3), o que influencia diretamente na capacidade produtiva da planta, e que, juntamente com a

massa seca dos ramos, resultou em consideráveis índices de colheita para os genótipos 48 e 83, em que, mesmo este último tenha apresentado o índice de colheita um pouco menor, verifica-se que apresentou maior massa seca de frutos por ramo, sendo possível constatar esta informação pelo cálculo entre a massa seca dos ramos e o índice de colheita (Tabela 5).

Os genótipos 02, 16, 100 e 153 foram semelhantes na capacidade em alocar biomassa nos ramos, na razão de área foliar, na razão de massa caulinar, na razão de massa foliar e no índice de colheita (Tabela 5), sendo que apresentaram os menores resultados para a razão de área foliar, razão de massa caulinar e razão de massa foliar; intermediários para massa seca dos ramos; e superior para o índice de colheita (Tabela 5). Isso indica que, mesmo não sendo materiais de grande destaque para a formação de ramos maiores e com muitos frutos (Tabela 3), esses materiais apresentaram bons resultados em termos de proporção da massa do ramo alocado em frutos, o que resultou em bons índices de colheita (Tabela 5), o que os diferenciam dos genótipos 03 e 76 pelo fato de não destinarem as maiores proporções de massa em formação de folhas.

De modo geral, observa-se comportamento diferenciado dos genótipos estudados em relação às variáveis morfológicas, clorofilas e alocação de biomassa, em sistema consorciado com coqueiro-anão.

3.3 CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL

Na Tabela 6, observam-se os conteúdos de nutrientes por ramo plagiotrópico dos genótipos de cafeeiro conilon estudados em consórcio. Notam-se diferenças estatísticas entre os genótipos quanto ao conteúdo nutricional dos ramos, evidenciando que os clones acumularam N, P, K, Ca e Mg diferentemente.

Tabela 6. Conteúdos de nutrientes por ramo plagiotrópico produtivo de genótipos de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner cultivados em consórcio com coqueiro-anão (*Cocos nucifera* L.), em Pau de Graça Aranha, Colatina-ES (Ciclo 2016-2017)

Genótipos	N	P	K	Ca	Mg
	----- (mg) -----				
02	820,36 c	29,92 c	391,90 d	146,52 d	41,39 d
03	536,73 d	20,27 d	327,44 d	121,37 e	34,41 e
48	1124,93 b	33,94 b	558,83 b	185,53 c	55,47 b
16	802,99 c	29,10 c	475,80 c	133,81 d	44,87 d
83	1495,24 a	49,50 a	714,00 a	460,92 a	87,65 a
76	506,78 d	19,07 d	325,16 d	189,23 c	42,67 d
100	712,89 c	29,08 c	461,55 c	176,47 c	39,15 d
153	811,08 c	27,58 c	449,08 c	229,24 b	50,82 c

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

De maneira geral, o genótipo 83 foi o que se destacou dos demais em relação ao conteúdo de nutrientes no ramo plagiotrópico, visto ser o único genótipo a integrar o grupo de médias superiores para os nutrientes estudados (Tabela 6).

Outro que merece destaque é o genótipo 48, pois, visto que integrou o segundo grupo de médias superiores para o conteúdo dos nutrientes N, P, K e Mg nos ramos e o terceiro grupo de médias para o conteúdo de Ca nos ramos, mostrando boa capacidade de alocação de nutrientes nos ramos (Tabela 6).

Com destaque mediano, citam-se os genótipos 16, 100 e 153, visto que, para a maioria dos nutrientes, integraram o terceiro grupo de médias de conteúdo nutricional dos ramos (Tabela 6).

Os genótipos 02, 03 e 76 foram materiais com pouca capacidade de alocação de nutrientes nos ramos em cultivo consorciado do conilon com o coqueiro-anão, apresentando, durante o período de estudo, menores médias de conteúdo nutricional nos ramos, integrando, de maneira geral, os últimos grupos de médias para os nutrientes estudados (Tabela 6).

Diante desses resultados, observam-se diferenças de alocação de nutrientes nos ramos plagiotrópicos entre os genótipos estudados, sendo que esses resultados estão diretamente relacionados com a massa seca dos ramos (Tabela 5). Outro ponto considerável refere-se aos conteúdos de cálcio e magnésio, uma vez que se observou as maiores variações entre os genótipos, o que pode ser visto como indício de bons descritores para estudos de variabilidade em características nutricionais de genótipos de cafeeiro conilon em sombreamento.

Em relação a variável de exportação dos nutrientes N, P, K, Ca e Mg pelos frutos, observa-se na Tabela 7 que os materiais genéticos estudados também apresentaram variabilidade de resposta para os conteúdos de nutrientes nos frutos.

Tabela 7. Conteúdos de nutrientes em frutos maduros de genótipos de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner cultivados em consórcio com coqueiro-anão (*Cocos nucifera* L.), em Pau de Graça Aranha, Colatina-ES (Ciclo 2016-2017)

Genótipos	N	P	K	Ca	Mg
	----- (mg) -----				
02	618,12 c	25,11 b	333,29 c	30,17 c	15,77 d
03	325,64 d	14,72 d	238,77 d	16,62 d	12,34 e
48	838,33 b	28,54 b	462,83 b	80,15 a	29,78 b
16	616,63 c	25,88 b	417,35 b	37,13 c	23,80 c
83	995,92 a	39,34 a	585,34 a	81,29 a	34,94 a
76	355,97 d	15,38 d	258,20 d	39,81 c	15,77 d
100	540,04 c	23,80 c	386,90 c	37,70 c	16,35 d
153	594,44 c	21,54 c	363,54 c	53,03 b	21,70 c

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

No presente trabalho, o genótipo 83 foi o material que se destacou dos demais em relação à exportação de nutrientes pelos frutos de cada ramo plagiotrópico, visto ser o único genótipo que integrou o grupo de médias superiores para os nutrientes estudados, sendo indício de ser um material com maior potencial de extração e acumulação dos referidos nutrientes em frutos, quando na condição de consórcio com coqueiro-anão.

Dentre os genótipos estudados, outro que merece destaque é o 48, visto que integrou o segundo grupo de médias para exportação dos nutrientes N, P, K e Mg e o primeiro grupo de médias para a exportação de Ca, mostrando capacidade de acumulação de nutrientes no órgão de interesse econômico (Tabela 7).

Nesse sentido, os genótipos 48 e 83 foram os que apresentaram os maiores conteúdos

nutricionais para a maioria dos nutrientes analisados, e este fato é importante, pois consideráveis conteúdos nutricionais interferem direta e indiretamente na qualidade final do café, seja pelo seu papel no metabolismo da planta e acúmulo de compostos químicos desejáveis, ou na produção de compostos que desfavorecem o desenvolvimento microbiano nos grãos (MARTINEZ et al., 2014).

Genótipos intermediários em relação ao conteúdo de nutrientes nos frutos foram: 02, 16, 100 e 153; visto que, para a maioria dos nutrientes, integraram o terceiro grupo de médias de acumulação dos nutrientes (Tabela 7).

Os genótipos 03 e 76 foram materiais com menor capacidade de acumulação de nutrientes em frutos no sistema de cultivo consorciado do conilon com o coqueiro-anão, apresentaram, durante o período de estudo, menores valores de exportação nutricional, integrando, de maneira geral, as menores médias para esta variável (Tabela 7).

Diante desses resultados, observa-se uma grande variação de resposta para a exportação de nutrientes entre os materiais genéticos estudados. A partir da identificação de genótipos com maiores potenciais de exportação de nutrientes, deve-se atentar para suas necessidades nutricionais, uma vez que, quanto maior a exportação de nutrientes por um genótipo, maior deve ser o fornecimento nutricional para o mesmo, visando atender a demanda nutricional e, minimizando a possibilidade de quedas na produtividade devido a baixa disponibilidade de nutrientes no solo. Além disso, a existência de variabilidade mostra que a nutrição dos genótipos pode ser levada em consideração nos programas de melhoramento, sendo o primeiro passo para melhoria da eficiência nutricional das cultivares.

De modo geral, foi possível notar capacidade diferenciada entre os genótipos de conilon em relação aos conteúdos nutricionais (N, P, K, Ca e Mg) nos ramos e frutos, o que evidencia características intrínsecas aos materiais na condição de consórcio para as respostas nutricionais. Colodetti et al. (2015) e Martins et al. (2016) também observaram respostas diferenciadas entre genótipos de conilon quanto à nutrição, sendo observado variabilidade entre os materiais quanto ao desenvolvimento e à eficiência nutricional, em condições de adubação padrão e variável.

4. CONCLUSÃO

Dentre os genótipos avaliados, é possível identificar genótipos mais produtivos, com crescimento mais vigoroso e melhores aspectos nutricionais, evidenciando que alguns genótipos melhorados e recomendados para o cultivo a pleno sol também apresentam características desejáveis para embasar uma possível seleção para cultivos consorciados.

No cultivo consorciado com coqueiro-anão, os genótipos 83 e 48 são diferenciados por apresentar maior número de frutos por ramo plagiotrópico, além de crescimento vigoroso e maiores conteúdos nutricionais. Esses genótipos, juntamente com o genótipo 153, apresentaram folhas maiores e com maior teor de clorofila *b* no sistema consorciado.

O genótipo 02 apresentou maior teor de clorofila *b*, como os anteriores; mas sem desenvolver folhas grandes. Ao contrário dos genótipos 16 e 100, que apresentaram menores teores de clorofila *b* e maiores desenvolvimento de folhas.

Os genótipos 03 e 76 caracterizam-se por apresentarem menores índices de colheita e menor acúmulo de nutrientes em seus ramos, esses genótipos formaram plantas com maior número de ramos plagiotrópicos, que acabaram por se desenvolverem menos que os demais.

Os descritores: número de frutos por ramo plagiotrópico, massa seca dos ramos plagiotrópicos, e conteúdo nutricional dos ramos plagiotrópicos e dos frutos, para os elementos N, P, K, Ca e Mg, podem ser úteis para facilitar futuros estudos de variabilidade entre genótipos em sistemas consorciados.

5. REFERÊNCIAS

ABDO, M. T. V. N.; VALERI, S. V.; MARTINS, A. L. M. Sistemas agroflorestais e agricultura familiar: uma parceria interessante. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, v. 1, p. 50-59, 2008.

ALVES, J. D. Morfologia do cafeeiro. In: CARVALHO, C. H. S. **Cultivares de café: origem, características e recomendações**. Brasília: Embrapa Café, 2008. v. 1, p. 35-57.

APARECIDO, L. E. O.; ROLIM, G. S.; SOUZA, P. S. Épocas de florescimento e colheita da noqueira-macadâmia para áreas cafeeícolas da região Sudeste. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 1, p. 170-178, 2014.

ARAÚJO, A. V.; PARTELLI, F. L.; OLIVEIRA, M. G.; PEZZOPANE, J. R. M.; FALQUETO, A. R.; CAVATTE, P. C. Microclima e crescimento vegetativo do café conilon consorciado com bananeiras. **Coffee Science**, v. 10, n. 2, p. 214-222, 2015.

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, p. 44-52, 1973.

BRAGANCA, 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.

BRINATE, S. V. B.; MARTINS, L. D.; RODRIGUES, W. N.; COLODETTI, T. V.; AMARAL, J. F. T.; TOMAZ, M. A. Accuracy of linear methods to estimate the leaf area of genotypes of Conilon coffee. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, p. 2955-2960, 2015.

CAMARGO, M. The impact of climatic variability and climate change on arabic coffee crop in Brazil. **Bragantia**, v. 69, n. 1, p. 239-247, 2010.

CAO, K. F. Leaf anatomy and chlorophyll content of 12 woody species in contrasting light conditions in Bornean heath forest. **Canadian Journal of Botany**, v. 78, n. 10, p. 1245-1253, 2000.

CARVALHO, C. H. S.; GARCIA, A. L. A.; MENDONÇA, J. M. A.; ALMEIDA, G. R. R.; SOUZA, T. Parâmetros morfológicos e fisiológicos associados com a seca de ramos do cafeeiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2007.

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.

CAVATTE, P. C.; RODRIGUES, W. N.; AMARAL, J. F. T.; PEREIRA, S. M. A.; VENANCIO, L. P. Arborização em café conilon: aspectos microclimáticos, fisiológicos e nutricionais. In: TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T.; OLIVEIRA, F. L.; COELHO, R. I. (Org.). **Tópicos Especiais em Produção Vegetal IV**. Alegre: CAUFES, 2013. p. 421-444.

CHUNG, K. H.; SHIN, K. O.; HWANG, H. J.; CHOI, K. S. Chemical composition of nuts and seeds sold in Korea. **Nutrition Research and Practice**, v. 7, n. 2, p. 82-88, 2013.

COLODETTI, T. V. **Arquitetura da copa e fotossíntese de *Coffea arabica* conduzido com diferentes números de ramos ortotrópicos**. 2016. 59f. Dissertação (Produção Vegetal) - Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre, 2016.

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.

CONAGIN, C. H. T. M.; MENDES, A. J. T. Pesquisas citológicas e genéticas em três espécies de *Coffea*. Auto-incompatibilidade em *Coffea canephora*. **Bragantia**, v. 20, n. 34, p. 787-804, 1961.

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

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.; ARAUJO, W. L.; FERNIE, A. R.; MORAES, G. A. In field-grown coffee trees source-sink manipulation alters photosynthetic rates, independently of carbon metabolism, via alterations in stomatal function. **New Phytologist**, v. 178, p. 348-357, 2008.

DaMATTA, F. M.; RAMALHO, J. D. C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 18, n. 1, p. 55-81, 2006.

DaMATTA, F. M.; RONCHI, C. P.; SALES, E. F.; ARAÚJO, J. B. S. O café conilon em sistemas agroflorestais. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; DeMUNER, L. H. **Café Conilon**. Vitória: Incaper, 2007b. p. 375-389.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análises de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 4 ed. Brasília, 2014. 377p.

FEITOSA, L. R.; SCÁRDUA, J. A.; SEDIYAMA, G. C.; VALLE, S. S. Estimativas das temperaturas médias mensais e anuais do Estado do Espírito Santo. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, v. 9, n. 3, p. 79-91, 1979.

FENG, Y. L.; CAO, K. F.; ZHANG, J. L. Photosynthetic characteristics, dark respiration and leaf mass per unit area in seedlings of four tropical tree species grown under three irradiances. **Photosynthetica**, v. 42, n. 3, p. 431-437, 2004.

FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; DeMUNER, L. H. **Café Conilon**. Vitória: Incaper, 2007. 702p.

FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; VERDIN FILHO, A. C.; VOLPI, P. S.; DeMUNER, L. H.; PREZOTTI, L. C.; VENTURA, J. A.; MARTINS, D. S.; MAURI, A. L.; MARQUES, E. M. G.; ZUCATELI, F. **Café Conilon: técnicas de produção com variedades melhoradas**. 4. ed. Vitória: Incaper, 2012. 75p.

FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; VERDIN FILHO, A. C.;

VOLPI, P. S.; ZUCATELI, F. 'Conilon Vitória - Incaper 8142': improved *Coffea canephora* var. kouillou clone cultivar for the State of Espírito Santo. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 4, p. 503-505, 2004.

GONÇALVES, G. C.; GALLO, L. A.; FAVARIM, J. L. Assimilação do carbono por plantas de cafeeiro (*Coffea arabica* L. var. Obatã) crescendo a pleno sol e com sombreamento parcial. **Revista de Agricultura**, v. 82, n. 1, p. 35-46, 2007.

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

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Prado. São Carlos: Rima, 2000. 532p.

LEE, D. W.; BONE, R. A.; TARSIS, S. L.; STORCH, D. Correlates of leaf optical properties in tropical forest sun and extreme-shade plants. **American Journal of Botany**, v. 77, n. 3, p. 370-380, 1990.

MARRACCINI, P.; VINECKY, F.; ALVES, G. S. C.; RAMOS, H. J. O.; ELBELT, S.; VIEIRA, N. G.; CARNEIRO, F. A.; SUJII, P. S.; ALEKCEVETCH, J. C.; SILVA, V. A.; DaMATTa, F. M.; FERRÃO, M. A. G.; LEROY, T.; POT, D.; VIEIRA, L. G. E.; SILVA, F. R.; ANDRADE, A. C. Differentially expressed genes and proteins upon drought acclimation in tolerant and sensitive genotypes of *Coffea canephora*. **Journal of Experimental Botany**, v. 63, p. 1-22, 2012.

MARTINEZ, H. E. P.; CLEMENTE, J. M.; LACERDA, J. S.; NEVES, Y. P.; PEDROSA, A. W. Nutrição mineral do cafeeiro e qualidade da bebida. **Revista Ceres**, v. 61, p. 838-848, 2014.

MARTINS, L. D.; EUGENIO, F. C.; RODRIGUES, W. N.; JESUS JÚNIOR, W. C.; TOMAZ, M. A.; RAMALHO, J. D. C.; SANTOS, A. R. **Climatic Vulnerability in Robusta Coffee - Mitigation and Adaptation**. 1. ed. Alegre-ES: CAUFES, 2017. v. 1. 54p.

MARTINS, L. D.; RODRIGUES, W. N.; MACHADO, L.; BRINATE, S. V. B.; COLODETTI, T. V.; FERREIRA, D. S.; COGO, A. D.; APOSTOLICO, M. A.; TEODORO, P. E.; TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T.; PARTELLI, F. L. Genotypes of

conilon coffee can be simultaneously clustered for efficiencies of absorption and utilization of N, P and K. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, p. 3633-3642, 2016.

MATOS, F. S.; CARRETERO, D. M.; MARTINS, S.; CHAVES, A.; CAVATTE, P. C.; DaMATTA, F. M. Plasticidade morfo-anatômica de folhas de *Coffea arabica* L. em resposta à irradiância. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 6., 2009, Vitória. **Anais...** Brasília: Embrapa café, 2009.

PARTELLI, F. L.; MARRÉ, W. B.; FALQUETO, A. R.; VIEIRA, H. D.; CAVATTI, P. C. Seasonal vegetative growth in genotypes of *Coffea canephora*, as related to climatic factors. **Journal of Agricultural Science**, v. 5, n. 8, p. 108-116, 2013.

PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; DETMANN, E.; CAMPOSTRINI, E. Estimativa da área foliar do cafeeiro Conilon a partir do comprimento da folha. **Revista Ceres**, v. 53, n. 306, p. 204-210, 2006.

PEZZOPANE, J. E. M.; CASTRO, F. S.; PEZZOPANE, J. R. M.; CECÍLIO, R. A. **Agrometeorologia: aplicações para o Espírito Santo**. Alegre, ES: CAUFES, 2012. 174p.

PEZZOPANE, J. R. M.; CAMARGO, M. B. P. Arborização de cafezais: Informações técnicas. **O Agrônomo**, v. 59, n. 1, p. 28-29, 2007.

PEZZOPANE, J. R. M.; MARSETTI, M. M. S.; FERRARI, W. R.; PEZZOPANE, J. E. M. Alterações microclimáticas em cultivo de café conilon arborizado com coqueiro-anão-verde. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 865-871, 2011.

PEZZOPANE, J. R. M.; MARSETTI, M. M. S.; SOUZA, J. M.; PEZZOPANE, J. E. M. Condições microclimáticas em cultivo de café conilon a pleno sol e arborizado com noqueira macadâmia. **Ciência Rural**, v. 40, n. 6, p. 1257-1263, 2010.

PEZZOPANE, J. R. M.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; GALLO, P. B. Caracterização microclimática em cultivo consorciado café/coqueiro-anão verde. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 11, n. 02, p. 293-302, 2003.

PEZZOPANE, J. R. M.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; GALLO, P. B. Caracterização microclimática em cultivo consorciado café/banana. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 03, p. 256-264, 2007.

PEZZOPANE, J. R. M.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; GALLO, P. B. Radiação solar e saldo de radiação em cultivo de café a pleno sol e consorciado com banana 'Prata Anã'. **Bragantia**, v. 64, n. 03, p. 485-497, 2005.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo: 5ª aproximação**. Vitória: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305p.

RICCI, M. S. F.; COCHETO JUNIOR, D. G.; ALMEIDA, F. F. D. Condições microclimáticas, fenológicas e morfologia externa de cafeeiros em sistemas arborizados e a pleno sol. **Coffee Science**, v. 8, n. 3, p. 379-388, 2013.

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, p. 2499-2507, 2016.

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.

RODRIGUES, W. N.; TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T.; FERRÃO, M. A. G.; COLODETTI, T. V.; APOSTÓLICO, M. A.; CHRISTO, L. F. Biometrical studies on characteristics of plagiotropic branches in *Coffea arabica* L. cultivated with high plant density. **Australian Journal of Crop Science**, v. 8, p. 1239-1247, 2014.

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

RODRÍGUEZ-LÓPEZ, N. F.; CAVATTE, P. C.; SILVA, P. E. M.; MARTINS, S. C. V.; MORAIS, L. E.; MEDINA, E. F.; DaMATTA, F. M. Physiological and biochemical abilities of robusta coffee leaves for acclimation to cope with temporal changes in light availability. **Physiol Plantarum**, v. 149, p. 45-55, 2013.

SANTOS, T. B.; SANTOS, T. B.; MEDA, A. R.; SITTA, R. B.; VESPERO, E. B.; PAVAN, M. A.; CHARMETANT, P.; PÍCOLO, V. C.; PEREIRA, L. F. O.; VIEIRA, L. G. E.; DOMINGUES, D. S. Caracterização nutricional de acessos provenientes da Etiópia de café arábica. **Coffee Science**, v. 10, n. 1, p. 10-19, 2015.

SILVA, D. K. T.; DAROS, E.; ZAMBON, J. L. C.; WEBER, H.; IDO, O. T.; ZUFFELATORIBAS, K. C.; KOEHLER, H. S.; OLIVEIRA, R. A. Análise de crescimento em cultivares de cana de açúcar em cana soca no noroeste do paraná na safra de 2002/2003. **Scientia Agraria**, v. 6, n. 1-2, p. 47-53, 2005.

SILVA, V. A.; COLARES, M. F. B.; ANDRADE, F. T.; LIMA L. A. Viabilidade técnica e econômica da cafeicultura consorciada com mamão no norte de minas gerais. **Coffee Science**, v. 8, n. 4, p. 519-529, 2013.

SILVA, V. C.; PERDONÁ, M. J.; SORATTO, R. P.; NEGRISOLI, E. Ocorrência de plantas daninhas em cultivo consorciado de café e noqueira-macadâmia. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, p. 441-449, 2013.

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

VAAST, P.; BERTRAND, B.; PERRIOT, J. J.; GUYOT, B.; GÉNARD, M. Fruit thinning and shade improve bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L.) under optimal conditions. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 86, n. 2, p. 197-204, 2005.