



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**BIOMETRIA E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE GENÓTIPOS DO CAFÉ**  
**CONILON IRRIGADO NO CERRADO DO PLANALTO CENTRAL**  
**DO DISTRITO FEDERAL**

**PEDRO IVO AQUINO LEITE SALA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA**

**BRASÍLIA/DF**

**MAIO/2018**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**BIOMETRIA E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE GENÓTIPOS DO CAFÉ**  
**CONILON IRRIGADO NO CERRADO DO PLANALTO CENTRAL**  
**DO DISTRITO FEDERAL**

**PEDRO IVO AQUINO LEITE SALA**

**ORIENTADOR: RENATO FERNANDO AMABILE**  
**COORIENTADOR: MARCELO FAGIOLI**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA**

**PUBLICAÇÃO: 147/2018**

**BRASÍLIA/DF**  
**MAIO/2018**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA – FAV**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PPGA**

**BIOMETRIA E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE GENÓTIPOS DO CAFÉ CONILON  
IRRIGADO NO CERRADO DO PLANALTO CENTRAL DO DISTRITO FEDERAL**

**PEDRO IVO AQUINO LEITE SALA**

**PROJETO DE DISSERTAÇÃO SUBMETIDO À FACULDADE DE AGRONOMIA E  
MEDICINA VETERINÁRIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB, COMO PARTE  
DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM  
AGRONOMIA.**

**APROVADA POR:**

---

Renato Fernando Amabile, Eng. Agrônomo Dr., Embrapa Cerrados  
Orientador. CPF: 239.382.421-91  
renato.amabile@embrapa.br

---

Sonia Maria Costa Celestino, Eng. Química Dra., Embrapa Cerrados  
Examinadora Externa. CPF: 004.158.136-97  
sonia.celestino@embrapa.br

---

Lívia de Lacerda de Oliveira, Eng. de Alimentos Dra., Faculdade de Saúde, UnB  
Examinadora Externa. CPF: 044.488.736-92  
liviadelacerda@gmail.com

**Brasília/DF, 2018**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Sala, Pedro Ivo Aquino Leite.

Biometria e composição química de genótipos do café conilon irrigado no Cerrado do Planalto Central do Distrito Federal. / Pedro Ivo Aquino Leite Sala; Orientação de Renato Fernando Amabile; coorientação de Marcelo Fagioli. Brasília, 2018.

62 p. : il.

Tese (Mestrado) – Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2018.

1. *Coffea canephora* Pierre ex Froehner 2. Diversidade genética. 3. Qualidade química. 4. Herdabilidade. 5. Parâmetro genético. 6. Recepta.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SALA, P. I. A. L. **BIOMETRIA E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE GENÓTIPOS DO CAFÉ CONILON IRRIGADO NO CERRADO DO PLANALTO CENTRAL DO DISTRITO FEDERAL**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2018, 65 p. Tese de Mestrado.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Pedro Ivo Aquino Leite Sala

TÍTULO DA TESE DE MESTRADO: Biometria e composição química de genótipos do café conilon irrigado no Cerrado do Planalto Central do Distrito Federal.

GRAU: Mestre ANO: 2018

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta tese de mestrado para única e exclusivamente propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta tese de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada a fonte.

---

### **Pedro Ivo Aquino Leite Sala**

CPF: 006.293.411-25

SHIN QL 12 conjunto 6 casa 17.

Lago Norte. Brasília/DF - Brasil

CEP: 71.525.265

Tel: (61) 98138-3350

pedroivo.sala@gmail.com

# BIOMETRIA E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE GENÓTIPOS DO CAFÉ CONILON RIRIGADO NO CERRADO DO PLANALTO CENTRAL DO DISTRITO FEDERAL

## RESUMO

O Cerrado tem se mostrado uma região ideal para o cultivo de grandes culturas e propícia à cultura do café, por ser plano permitindo o uso de máquinas. O conilon é uma variedade botânica dentro da espécie *Coffea canephora* Pierre ex Froehner que tem limitação nas baixas temperaturas em áreas de maior altitude, porém, apresenta grande diversidade genética e adaptação. Seu cultivo vem surgindo como uma nova opção para os produtores de café na região do Cerrado, Contudo, ainda não existem (variedades/clones) comerciais de conilon com qualidade superior de bebida. Nesse contexto busca-se, encontrar genótipos de cafés conilon com grande potencial para produção e melhor qualidade de bebida no intuito de auxiliar a seleção de genótipos promissores para programas de melhoramento genético. Nesse sentido, o objetivo desse trabalho foi caracterizar morfoagronômica e quimicamente o *Coffea canephora* irrigado no Cerrado do Planalto Central no Distrito Federal da coleção de trabalho da Embrapa Cerrados, avaliando o desenvolvimento de planta dos 238 genótipos após serem recepados segundo altura do ramo ortotrópico, número de nós (número de ramos plagiotrópicos), diâmetro do ramo ortotrópico. Ainda, estimou-se o número de plantas mortas após recepa, em relação ao ciclo de maturação com base em três caracteres morfoagronômicos. Foram analisadas características químicas desejáveis para qualidade de bebida em 27 genótipos pré-selecionados por trabalhos anteriores. As avaliações foram realizadas nos anos de 2016 e 2017 no campo experimental da unidade da Embrapa Cerrados, em Planaltina, Distrito Federal, situado a 15°35'57'' de latitude Sul, 47°42'38'' de longitude Oeste e à altitude de 1.007 m, irrigada por pivô central, com espaçamento de 3,5 m entre linhas e 1,0 m entre plantas. Foram efetuadas análise de regressão linear para cada variável resposta no qual foi empregado o Método dos Mínimos Quadrados Ordinários e coeficientes de determinação das regressões e estatísticas aplicadas para avaliar o ajuste dos modelos das curvas das variáveis resposta. Foi realizada análise de componentes principais (ACP), a dispersão gráfica dos genótipos em relação aos dois primeiros componentes. Foi constatada variabilidade genética entre os genótipos, sendo que os genótipos CPAC 124 e CPAC 162 foram os que apresentaram maior dissimilaridade entre os 238 genótipos. As maiores taxas de crescimento foram obtidas pelos genótipos CPAC 17 e CPAC 161. Os experimentos laboratoriais foram realizados nos anos de 2017 e 2018 no Laboratório de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Embrapa Cerrados, utilizando os grãos crus advindos de frutos maduros de genótipos da coleção desta unidade da Embrapa. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância conjunta e foram estimados os

parâmetros genéticos. Foi realizada a análise de componentes principais (ACP) a fim de agrupar os genótipos, utilizando método Ward a partir da ACP. Observaram-se diferenças significativas entre os genótipos para maioria das características químicas avaliadas, exceto ácido acético. Baixos valores de coeficiente de variação ambiental foram observados para a maioria das características, exceto ácido málico, indicando boa precisão experimental. A herdabilidade, coeficientes de variação genéticos e acurácia seletiva revelaram a possibilidade de obtenção de ganhos genéticos em trabalhos de seleção. Os genótipos CPAC 58 e CPAC 27, CPAC 33 e CPAC 37, CPAC 48 e CPAC 171 são os mais dissimilares entre si, indicando que o cruzamento entre eles pode proporcionar maior efeito heterótico e complementaridade sendo promissores para incremento da variabilidade genética.

**Palavras-chave:** *Coffea canephora* Pierre ex Froehner, recepa, seleção de genótipos e qualidade química.

# **BIOMETRY AND CHEMICAL COMPOSITION OF GENOTYPES OF CONILON COFFEE RECEPADO IRRIGATED IN THE CERRADO OF THE PLANALTO CENTRAL OF DISTRITO FEDERAL**

## **ABSTRACT**

The Cerrado has shown to be an ideal region for the cultivation of large crops and propitious to coffee cultivation, since it is a flat allowing and allowing the use of machines. The conilon is a botanical variety within the species *Coffea canephora* Pierre ex Froehner. which has a limitation in the low temperatures in areas of higher altitude, but its great genetic diversity and adaptation. Its cultivation has emerged as a new option for coffee producers in the Cerrado region. However, there are still no commercial varieties of conilon with superior quality of drink. In this context, it is sought to find genotypes of conilon coffees with great potential for production and better quality of drink in order to assist the selection of promising genotypes for breeding programs. In this sense, the objective of this work was to characterize morphologically and chemically the *Coffea canephora* irrigated in the Cerrado of the Central Plateau in the Federal District of the Embrapa Cerrados work collection, evaluating the plant development of the 238 accessions after being received according to height of the orthotropic branch, number (number of plagiotropic branches), diameter of the orthotropic branch, it was also estimated the number of dead plants after collection, in relation to the maturation cycle based on three morphoagronomic characters. Desirable chemical characteristics for beverage quality were analyzed in 27 genotypes pre-selected by previous studies. The evaluations were carried out in 2016 and 2017 in the experimental field of the Embrapa Cerrados unit in Planaltina, Federal District, at 15°35'57 " south latitude, 47°42'38 "W, and at an altitude of 1,007 m, irrigated by central pivot, with spacing of 3.5 m between rows and 1.0 m between plants. Linear regression analysis was performed for each response variable in which the Ordinary Least Squares Method and regression determination coefficients and applied statistics were used to evaluate the fit of the response curve curves models. Principal component analysis (PCA) was performed, the graphical dispersion of the accesses in relation to the first two components. Genetic variability was observed among the accessions, with CPAC 124 and CPAC 162 being the most dissimilar among the 238 genotypes. The highest growth rates were obtained by genotypes CPAC 17 and CPAC 161. Laboratory experiments were carried out in the years 2017 and 2018 in the Laboratory of Science and Technology of Food of Embrapa Cerrados, using the raw grapes coming from mature fruits of genotypes of the collection of this unit of Embrapa. The obtained data were submitted to analysis of joint variance and the genetic parameters were estimated. Principal component analysis (PCA) was carried out to group the genotypes using the Ward method from the ACP. Significant differences were observed between genotypes for most of the chemical characteristics evaluated, except acetic acid. Low coefficient of

environmental variation values were observed for most of the characteristics except malic acid, indicating good experimental accuracy. Heritability, genetic variation coefficients and selective accuracy revealed the possibility of obtaining genetic gains in selection work. The genotypes CPAC 58 and CPAC 27, CPAC 33 and CPAC 37, CPAC 48 and CPAC 171 are the most dissimilar among them, indicating that the cross between them can provide greater heterotrophic effect and complementarity being promising for increased genetic variability.

**Key words:** *Coffea canephora* Pierre ex Froehner, recepa, genotypes selection and chemical quality.



## **AGRADECIMENTOS**

A minha mãe, Ana Lúcia, pela força e ensinamentos que me passa diariamente e ao longo de toda a minha vida, e pelas oportunidades que me proporcionou com seu amor, suor e orientação.

A minha irmã Ana Carolina, pela convivência, divergência e pelo que aprendemos juntos.

Aos meus amigos Felipe e Ricardo, pelo companheirismo e ajuda em todos os trabalhos e momentos necessários.

Ao meu orientador, Renato Fernando Amabile, e ao meu coorientador, Marcelo Fagioli, e Sônia Maria da Costa Celestino pelos ensinamentos ao longo destes anos de trabalho juntos, e por me apoiarem, na medida do possível, a desenvolver minhas ideias neste trabalho.

Ao Juaci Vitória Malaquias, pela grande dedicação e disponibilidade em auxiliar nas análises estatísticas. Sua ajuda foi essencial.

Ao Francisco Delvico por sempre se disponibilizar e auxiliar em qualquer atividade laboratorial.

Aos membros da banca examinadora, Dra. Livia de Lacerda de Oliveira, Dra. Sônia Maria da Costa Celestino e Prof. Dr. Marcelo Fagioli, pela disponibilidade em avaliar e contribuir para o enriquecimento deste trabalho.

A equipe de estagiários da Embrapa Cerrados que me auxiliaram em todas as etapas desde o campo ao laboratório.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho. Muito obrigado!

## Sumário

INTRODUÇÃO.....	6
2. OBETIVOS .....	8
2.1. Objetivo geral.....	8
2.2 Objetivos específicos .....	8
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	9
3.1 O Café .....	9
3.2 História do Café .....	9
3.3 Origem e dispersão geográfica .....	9
3.4 O Cerrado.....	10
3.4.1 <i>Coffea Canephora</i> .....	11
3.5 Taxa de crescimento .....	12
3.6 Recepa.....	14
3.7 Qualidade do café conilon .....	15
3.8 Melhoramento genético em <i>Coffea canefora</i> .....	18
3.9 Estatística.....	19
CAPÍTULO I.....	24
INTRODUÇÃO.....	27
MATERIAL E MÉTODOS .....	29
CONCLUSÕES.....	40
REFERÊNCIAS.....	41
CAPÍTULO II.....	45
INTRODUÇÃO.....	48
MATERIAL E MÉTODOS .....	49
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
CONCLUSÕES.....	60
REFERÊNCIAS.....	62

## INTRODUÇÃO

O café esta na mesa de todo brasileiro, há séculos fazendo parte de sua cultura por ser um produto democrático, consumido por todas as classes sociais desde a escravidão. A cafeicultura desempenhou papel fundamental na formação política e econômica do Brasil, sendo o café, o principal produto exportado pelo país durante décadas com seu preço cotado. Nos últimos anos, o mercado de cafés especiais vem se expandindo, aferindo maiores preços aos grãos de café associados a parâmetros qualitativos, principalmente, os relacionados com a qualidade de bebida.

O volume de informações existentes sobre a tecnologia de produção no Cerrado, exige maiores estudos em diversas áreas de conhecimento técnico-científico, principalmente, em relação ao melhoramento vegetal. Cultivares de melhor qualidade industrial e agrônômica, mais produtivas e adaptadas ao sistema irrigado são demandas constantes. Espécies anteriormente consideradas inaptas têm se mostrado plenamente adaptadas a região e altamente produtivas.

Desde o início da década de 1980 o Cerrado tem se caracterizado como um grande polo agrícola, local ideal para cultivo de grandes culturas, como a de grãos e sementes, por possuir relevo plano permitindo o manejo com emprego de máquinas. O clima da região é bem definido com um verão úmido e um inverno seco, ideal para o cultivo em sistemas irrigados, garantindo altas produções de alimentos e geração de emprego e renda o ano todo.

A região do Planalto Central tem se mostrado favorável ao cultivo irrigado da cafeicultura. O manejo da irrigação pode favorecer floradas uniformes e, conseqüentemente, impactar em uma maturação mais uniforme, obtendo grãos uniformes e com alta qualidade, associados a altas produtividades na colheita devido a um clima favorável, quando a umidade do ar é mais baixa e o clima mais seco, evitando riscos de fermentação dos frutos nas plantas e/ou após a colheita, um bom manejo fitossanitário e altas doses de adubação. Essa alta produção fica comprometida com o passar do tempo, pois com aproximadamente 4, 5 anos as plantas começam a ter uma queda de produtividade. Uma forma de contornar esse problema se faz por meio de podas drásticas conhecidas como recepa.

O café é um produto valorizado por sua qualidade de bebida, logo, grãos de maior qualidade terão melhores preços e maior aceitação pelo produto. Os grãos possuem composições químicas diversas que afeta diretamente na qualidade do café que é determinada por fatores genéticos, ecológicos e processamento.

O conilon apresenta altos teores de sólidos solúveis o qual fornece “corpo” e gosto à bebida. Contudo, ainda não existem (variedades/clones) comerciais de conilon com qualidade superior de bebida. Nesse contexto busca-se, encontrar genótipos de cafés conilon com melhor

qualidade de bebida no intuito de auxiliar a seleção de genótipos promissores para programas de melhoramento genético.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

Caracterizar morfoagronômica e quimicamente genótipos de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner irrigado no Cerrado do Planalto Central no Distrito Federal da coleção de trabalho da Embrapa Cerrados.

### **2.2 Objetivos específicos**

Quantificar a presença de variabilidade genética entre genótipos de café conilon da coleção de trabalho da Embrapa Cerrados, de acordo com as características morfoagronômica e químicas do grão.

Selecionar genótipos de café conilon que tenham características morfoagronômica e químicas associadas a qualidade de bebida superior, afim de estabelecer futuras variedades clonais e/ou possível utilização em cruzamentos.

Comparar as características químicas dos genótipos com as avaliações sensoriais para reconhecimento de compostos que proporcionem melhor qualidade de bebida.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 O Café

#### 3.2 História do Café

A história do café começou no século IX nas terras altas da Etiópia, difundiu-se para o mundo através do Egito e Europa. Existem muitas teorias a respeito dessa descoberta. A mais conhecida, “conta sobre um pastor da Abissínia, atual Etiópia, que se chamava Kaldi, que um dia, reparou que algumas de suas cabras não voltaram ao rebanho. Kaldi decidiu procurá-las e quando as encontrou, algo chamou sua atenção: as cabras estavam saltitantes, pareciam alegres e mastigavam pequenos frutos de cor vermelha, que haviam em alguns arbustos das redondezas”. O conhecimento dos efeitos da bebida disseminou-se e no século XVI o café era utilizado no Oriente, sendo torrado pela primeira vez na Pérsia. (NEVES, 1975).

A cafeicultura desempenhou um papel fundamental na formação do Brasil. Principalmente a partir do século XIX, o plantio e a comercialização do café relacionavam-se diretamente com os rumos da economia e da política nacionais. As primeiras sementes foram trazidas, nas primeiras décadas do século XVIII, da Guiana Francesa para o norte do país. Seu cultivo rapidamente se espalhou, tendo como berço as grandes plantações, no vale do rio Paraíba (TAUNAY, 1822).

#### 3.3 Origem e dispersão geográfica

O café é dividido em dois principais gêneros o *Coffea* e o *Psilanthus*. O gênero *Coffea* é dividido nos subgêneros: *Coffea e BaraCoffea*, o gênero *Psilanthus* é subdividido nos subgêneros *Psilanthus* e *AfroCoffea*. O subgênero *Coffea* abriga 80 espécies sendo aproximadamente 25 oriundas da África Continental e 55 de Madagascar (FAZUOLI, 2004), dentre elas as espécies *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre ex Froehner.

O gênero *Coffea* é pertencente à família Rubiaceae, possui mais de 100 espécies, dentre as quais se destacam *C. arabica* e *C. canephora* (DAVIS et al., 2006), principalmente por seu uso comercial.

A espécie *Coffea arábica* tem sua origem na Etiópia e o *Coffea Canephora* no Congo que se encontra distribuída nas regiões ocidental, central-tropical e subtropical do continente africano (CHARRIER e BERTHAUD, 1985). Foi encontrada em estado espontâneo em uma vasta área de floresta tropical do sul ao norte da linha do Equador, que varia desde o nível do mar no Gabão a altitudes de 1.300 m em Angola, Camarões, Costa do Marfim, entre outros (CARVALHO, 1946 apud FERRÃO, 2007a). Em suas regiões de origem ou de alta diversidade genética das espécies

de café a precipitação é superior a 2.000 mm e bem distribuída, com uma estação seca de dois a três meses, umidade relativa alta, e temperaturas médias anuais em torno de 26 °C, com médias de máxima e mínima variando entre 30 °C e 21 °C (COSTE, 1992).

### 3.4 O Cerrado

O Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil e uma das áreas de maior diversidade no mundo, constituída por formações campestres (campos limpo, sujo e rupestre), formações savânicas (Cerrado *Sensu stricto*, Cerrado denso, Cerrado ralo e Cerrado rupestre) e florestais (cerradão, matas de galeria, ciliares e secas). Como área central de sua ocorrência tem-se a região do Planalto Central Brasileiro, estendendo-se pelas regiões norte, nordeste e sudeste (EITEN 1972; RIBEIRO e WALTER 1998). Sua extensão é de aproximadamente 204 milhões de hectares, ou seja, 24% do território nacional (EITEN, 1993; EMBRAPA, 2007). Desses 155 milhões de hectares no planalto Central e 38,8 milhões de hectares no Nordeste, sendo encontrado também nos estados de Rondônia, Roraima, Amapá, Pará e São Paulo. De sua área total, 127 milhões de hectares podem ser incorporados ao sistema produtivo com o uso de tecnologia. Segundo Goedert (1985), desde a década de 1960 já se discutia o grande potencial agrícola do Cerrado, destacando-se a necessidade de uma agricultura moderna e de grandes investimentos tecnológicos, tanto em pesquisa, como na melhoria da fertilidade de seus solos.

Segundo a classificação de Köppen (1918) o clima é classificado como Aw tropical, com duas estações bem definidas, uma seca no inverno e outra chuvosa no verão. A temperatura média anual fica em torno de 22-23 °C; as máximas mensais não variam muito ao longo do ano, podendo atingir mais de 40 °C; e as mínimas absolutas mensais variam bastante, atingindo valores próximos ou até abaixo de zero no período de inverno nos meses de maio, junho e julho (SETTE, 2004).

A água acumulada no subsolo do Cerrado do Centro-Oeste abastece seis das oito maiores nascentes, que dão origem as bacias hidrográficas brasileiras (Amazônica, Araguaia-Tocantins, Paraná-Paraguai, São Francisco, Atlântico Norte-Nordeste e Atlântico Leste), não contribuindo para as bacias do rio Uruguai e do Atlântico Sudeste (LIMA e SILVA, 2002).

Devido a sazonalidade na distribuição das chuvas no Cerrado, tem-se usado como alternativa o sistema de produção irrigado nos períodos de veranico e seca, garantindo a produção de alimentos e a geração de emprego e renda. A precipitação média anual da região fica entre 1200 e 1800 mm. A precipitação média mensal apresenta uma grande estacionalidade, concentrando-se nos meses de primavera e verão (outubro a março), em que predomina a estação chuvosa, quando podem ocorrer curtos períodos de seca, denominados de veranicos. A estação

seca tem duração de 3 a 5 meses, quando a umidade relativa do ar pode chegar próximo de 15% (SETTE, 2004).

### 3.4.1 *Coffea Canephora*

A espécie *C. canephora* é perene, de porte arbustivo, com caules lenhosos podendo atingir até 5 m de altura em condições de clima quente e úmido. Suas folhas são elípticas, lanceoladas, com bordas bem onduladas e nervuras bem salientes. As flores são brancas, em grande número por inflorescência e por axila foliar. Suas inflorescências (glomérulos) são formadas a partir das gemas seriadas localizadas aleatoriamente nas axilas das folhas de ramos laterais que se formaram na estação de crescimento do ano corrente, de forma que a floração depende estreitamente do crescimento dos ramos plagiotrópicos (BARROS e MAESTRI, 1997). Os frutos apresentam formato e número variável conforme o material genético, variando de 30 a 60 por verticilo foliar, de superfície lisa, com exocarpo fino, mesocarpo aquoso e endocarpo delgado (FAZUOLI, 1986).

É uma espécie, diploide, alógama, com autoincompatibilidade gametofítica, compondo populações com grande variabilidade (VIEIRA et al., 2006). A polinização dessa espécie ocorre por anemofilia e entomofilia e a fecundação cruzada ocorre entre indivíduos geneticamente não relacionados.

A espécie *C. canephora* é subdividida em dois grupos de materiais genéticos, classificados em Congolense, no qual está incluído o café robusta; e o grupo Guineano, no qual o café do tipo Kouillou (variedade Conilon, no Brasil) está contido (Berthaud, 1985). A diferenciação entre esses grupos nas coleções não é fácil visto que a forma natural de reprodução da espécie leva a alta heterozigose nos indivíduos da população, sendo comum referir-se às plantas de café como Robusta ou Conilon, sem distinção (FERRÃO, 2007a).

O primeiro cultivo comercial de *C. canephora* ocorreu em 1870, no Congo, usando sementes de plantas silvestres coletadas às margens do rio Lomani (FERRÃO, 2007). Segundo o Banco de Desenvolvimento do Estado do Espírito Santo (1987), a introdução dessa espécie no Brasil ocorreu no Estado do Espírito Santo na década de 50.

O Cerrado tem se mostrado bastante propício à cultura do café, uma das formas de aumentar a produtividade e melhorar a qualidade, sem onerar significativamente o custo de produção, é a utilização de tecnologias como cultivares melhoradas, irrigação e tratos culturais mecanizados (FERNANDES et al., 2012).

A produção mundial de café em 2017/18 foi de 159,9 milhões de sacos de 60 kg, destes, cerca de 40% provindos de diversas variedades da espécie *C. canephora*, que nos últimos cinco anos vêm aumentando continuamente sua participação, mostrando a importância da cultura no



mercado mundial. As exportações mundiais deverão cair quando comparado ao recorde do ano 2016, principalmente devido a menores exportações da Indonésia, Vietnã e Brasil, de acordo com os dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA).

A produção nacional de café em 2017 foi de 44,97 milhões de sacos de 60 quilos de café beneficiado, das quais 10,72 milhões de sacas de café conilon. Isso representa 23,8% do total, estimando um acréscimo de 32,4% em relação ao ano anterior. A área total plantada com a cultura do café, no Brasil, totaliza 2,221 milhões de hectares. A safra de café vem perdendo área a cada ano e se comparada com o ano de 2016 é 0,6% menor. Desse total, 344,92 mil hectares (15,6%) estão em formação e 1,87 milhão de hectares (84,4%) em produção. Em Minas Gerais está concentrada mais da metade da área plantada (1.235.114 hectares), predominando o café arábica, e o Espírito Santo com a segunda maior área plantada (432.508 hectares), onde predomina o café conilon. Analisando esses dados e apesar de uma redução na produção neste ano o Brasil permanece em uma posição de destaque no cenário econômico mundial, sendo reconhecido como o maior produtor e exportador de café, como também segundo maior produtor de café da espécie conilon, atrás apenas do Vietnã (CONAB, 2018).

A cadeia produtiva do café tem se destacado no âmbito social, principalmente no estado do Espírito Santo, onde as lavouras de café conilon são de pequeno porte com uma área média de 8,0 ha, evidenciando a importância na agricultura familiar e em pequenas propriedades, sendo a cafeicultura do café conilon, responsável pela geração de empregos, distribuição de renda e fixação do homem no meio rural (FASSIO e SILVA, 2007).

Nesse contexto, o café conilon se mostra uma alternativa para o produtor com uso de irrigação e possibilidade de alcance de altas produtividades.

### **3.5 Taxa de crescimento**

O crescimento do cafeeiro é influenciado por diversos fatores, evidenciando os genéticos e edafoclimáticos. (BRAGANÇA, 2005). Seu ciclo fenológico apresenta uma sucessão de fases vegetativas e reprodutivas que ocorrem a cada dois anos, aproximadamente (CUNHA e VOLPE, 2011; PARTELLI et al., 2014). Essa sazonalidade do crescimento de *C. canephora* também é influenciada pela temperatura do ar, apresentando sensibilidade a baixas temperaturas em níveis estomáticos, bioquímicos e biofísicos (PARTELLI et al., 2009).

Segundo Carvalho et al. (2010) foi encontrada uma correlação positiva dos caracteres vegetativos e a produtividade inicial do cafeeiro, sendo o comprimento do ramo plagiotrópico um dos parâmetros vegetativos que apresenta maior correlação fenotípica com a produtividade.

Segundo Rena e Maestri (1986), no *Coffea arabica* as inflorescências são formadas nas axilas das folhas opostas dos ramos plagiotrópicos primários (ramos laterais), desenvolvidos no ciclo anterior, produzindo flores apenas uma vez. Esse fato faz com que o crescimento dos ramos seja uma das características a serem usadas para se realizar previsões da futura safra. Logo, quanto maior o crescimento dos ramos primários, maior será o potencial produtivo no ano seguinte (SOUZA et al., 2013).

Ferrão et al. (2008) observaram, em campo, de maneira prática, que os clones de *C. canephora* que amadurecem nos meses de abril, maio e junho são denominados respectivamente clones de ciclo precoce, intermediário e tardio.

A temperatura ideal para o desenvolvimento do *C. canephora* está entre 22 e 26 °C (DAMATTA e CARVALHO, 2006), podendo tolerar temperaturas de 37 °C de dia e 30 °C à noite, sendo que temperaturas superiores a 42 °C de dia e 34 °C a noite causam efeitos deletérios não-estomáticos irreversíveis na fotossíntese dessas plantas (MARTINS et al., 2016; RODRIGUES et al., 2016).

Em estudo realizado por Partelli (2009), observou que o padrão de crescimento dos ramos de café conilon irrigado e não irrigado no extremo Sul da Bahia, não foi afetado pelas variações da temperatura mínima, como ocorre no Estado Espírito Santo (Amaral et al., 2007) e no Rio de Janeiro (Partelli et al., 2010), pois na região de Itabela-Bahia, a média das temperaturas mínimas foi superior a 17,5 °C.

A demanda de nutrientes pelo cafeeiro não varia em virtude da produção, pois quando a frutificação é baixa o crescimento de ramos plagiotrópicos, a formação de folhas e ramos novos substituem o fruto como dreno de carboidratos e nutrientes, *Toona ciliata* var. *australis* (F. Muell) Bahadur e pinus cuiabano (*Parkia multijuga* Benth) (Malavolta et al., 2002).

Trabalhando com cafezais em sistema de consórcio com banana prata-anã (*Musa* AAB), Pezzopane et al. (2007) constataram que no cultivo consorciado, especialmente nos cafeeiros mais próximos às bananeiras, ocorreram alterações significativas no crescimento vegetativo e no desenvolvimento fenológico. Rodríguez-López et al. (2014) e Tabagiba et al. (2010), avaliando o crescimento de mudas de café arábica sob diferentes níveis de radiação, observaram aumento da área foliar com a redução do nível de irradiância.

Segundo Rodrigues (2009) houve no café conilon aumento do comprimento de ramo e número de nós devido o excesso de sombra, propiciada pelo consórcio com cedro australiano *Toona ciliata* var. *australis* (F. Muell) Bahadur e pinus cuiabano (*Parkia multijuga* Benth), que afetaram o desenvolvimento vegetativo do café.

### 3.6 Recepa

A poda em plantas perenes é uma técnica tradicional, praticada desde que o agricultor percebeu melhorias na frutificação das novas brotações. Tem a finalidade de eliminar parte de plantas que perderam a capacidade reprodutiva e não tem a capacidade de se recuperar naturalmente (PEDRO, 2010), melhoram o ambiente, facilitando o controle de pragas e doenças que são favorecidos por linhas de plantas mais densas com menos incidência de luz, controla também pragas de solo (MATIELLO et al., 2010). Em condições de Cerrado, as plantas de cafés, após apresentarem altas produções nos primeiros quatro a cinco anos (devido às condições ótimas de clima e tecnologias adotadas) começam a ter sua produção reduzida, sendo variável entre genótipos, assim faz-se o uso de um manejo de renovação como a poda drástica, buscando uma recuperação do potencial produtivo.

A execução da poda inibe a dominância apical estimulando o desenvolvimento dos brotos laterais, promovendo índices produtivos maiores. Esse manejo nos cafezais possibilita maior entrada de luz entre as plantas, aumentando a área de ramos produtivos em plantas mais velhas.

O desenvolvimento do dossel do cafeeiro, envolvendo o lançamento de nós, alongamento dos entrenós e expansão foliar está diretamente ligado à capacidade produtiva (DHALIWAL 1968; SNOECK E DE REFFYE, 1980) e ao uso de água (TAUSEND et al., 2000). Medições biométricas (altura, número de nós, comprimento do entrenó dos ramos ortotrópicos e plagiotrópico, entre outras) feitas em épocas distintas do ciclo fenológico do cafeeiro permitem a estimativa das taxas de crescimento e sua variabilidade sazonal (Silva et al., 2004). Da mesma forma, métodos indiretos (não destrutivos) para avaliação da estrutura do dossel e interceptação de radiação (WELLES, 1990; GARRIGUES et al., 2008) são ferramentas importantes que podem ser usadas em um grande número de genótipos em um espaço de tempo relativamente curto.

A produção dos frutos geralmente ocorre nos ramos mais novos e enfolhados, devido à capacidade que eles têm de armazenar reservas de carboidratos e nutrientes para a formação das gemas reprodutivas, que mais tarde darão origem às flores e posteriormente aos frutos. Ao envelhecerem, os ramos perdem a capacidade de armazenar as energias responsáveis pela floração, comprometendo a produtividade da lavoura. Assim, o objetivo da poda é recuperar ou manter a estrutura reprodutiva (ramos) dos cafeeiros, e dessa forma melhorar a produtividade, que compensa o crescente aumento dos custos de produção. Existem vários tipos de podas para o manejo do cafeeiro e a escolha de cada uma depende da situação de cada lavoura.

A recepa é uma poda baixa, drástica, que promove a renovação quase total da copa dos cafeeiros. Ela é indicada para lavouras ou plantas que perderam seus ramos produtivos inferiores, na saia, devido ao avançado grau de fechamento. É recomendada, ainda, na renovação da copa

de cafeeiros depauperados, em recuperação após períodos de maltrato ou devido a problemas climáticos, e que apresentem a copa esguia, completamente deformada e com poucos ramos laterais. Também é usada para lavouras severamente atingidas por geadas, com queima até o tronco e lavouras adensadas (THOMAZIELLO, 2013). Quando incluída no manejo, esse tipo de poda reduz a produção nos 2 primeiros anos, exige maiores tratos e pode causar mortalidade em algumas plantas (MATIELLO et al., 2010).

Existem dois tipos de recepa, dependendo da altura de corte do tronco, variando de 0,2 a 0,8m podendo ser classificadas como: baixa ou alta. A recepa alta é também chamada de recepa “com pulmão”, pois deixa-se alguns ramos laterais (1 a 3) da parte inferior (da saia) que mantém ainda a produção de energia para a planta, evitando perda maior do seu sistema radicular, resultando em brotação e produção mais rápidas.

Segundo Thomaziello (2013) a morte de plantas por efeito de recepa baixa foi pesquisada em um ensaio com diferentes espaçamentos em Varginha-MG. Verificou-se, que após dois ciclos de recepa feitas ao longo de 18 anos, mesmo em material vigoroso (Acaiá), ocorre perda de stand de plantas por morte, verificado percentual de 10 a 44%, sendo tanto maior quanto maior for o distanciamento de plantas na linha, motivado pelo maior estresse das plantas com maior carga individual.

A época mais indicada para se realizar a recepa é no período logo após a colheita, de preferência, entre julho e agosto. Em regiões com riscos de geadas, devem ser realizadas após o período de maior ocorrência. Além disso, a poda deve ser realizada após o ano de safra alta, quando a perspectiva é de baixa produção no ano seguinte.

Sempre que necessário pode-se realizar a desbrota no cafezal, que consiste em deixar o número adequado de brotos por planta, de acordo com cada tipo de poda aplicada anteriormente. Quando a lavoura não foi podada a desbrota é feita em caráter preventivo (CARVALHO, 2010).

### **3.7 Qualidade do café conilon**

A espécie *Coffea canéfora* é caracterizada por possuir notáveis propriedades na produção de cafés solúveis, muito frequente, usado em *blends* com café arábica, proporcionando ao produto final uma maior competitividade no mercado (FONSECA, 2007).

A qualidade do café tem sido avaliada, tradicionalmente, por meio de critérios que envolvem a determinação do seu tipo (relativo ao número de defeitos em amostras de 300g), percentual de grãos brocados e pela peneira (tamanho de grãos) (MATIELLO, 1998). É uma das poucas espécies agrícolas que tem seu preço associado a parâmetros qualitativos, fazendo com que se valorize de acordo com a melhoria da qualidade (SOUZA, 1996).

A composição química dos grãos afeta diretamente a qualidade do café, que é determinada, por fatores genéticos (espécies, variedades, linhagens), ecológicos (diferentes condições ambientais onde é cultivado) e processamento (colheita, preparo, secagem e armazenamento (MENDONÇA et al., 2005; TEIXEIRA e TEIXEIRA, 2001).

Grãos provenientes da espécie *C. canephora* apresentam características sensoriais e químicas diferentes dos de café arábica, sendo caracterizados como cafés de bebida neutra, encorpada e com amargor pronunciado. Por ser sensorialmente distinto do café arábica, a Instrução Normativa nº 8 de 2003 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento estabeleceu que os cafés robusta sejam classificados quanto à bebida como excelente, boa, regular e anormal.

Os constituintes químicos dos grãos do café conilon apresentam maiores teores de sólidos solúveis e de cafeína em relação ao café arábica (CLIFFORD, 1975; MORAES, 1973) com valores que podem variar de 1,0 a 5,5%. Segundo Leroy (1993), em materiais selvagens e cultivados, esses valores podem variar com extremos de 1,8 a 3,4% de cafeína. As condições ambientais não têm muita influência no teor de cafeína nos grãos. Em relação à qualidade de bebida, são esperados altos teores de sólidos solúveis, pois este é um parâmetro de qualidade que fornece “corpo” e gosto à bebida. A associação desses compostos não voláteis com a formação do corpo da bebida é considerada como sendo de suma importância na qualidade (MENDONÇA et al., 2005). Portanto, o teor de sólidos solúveis se torna um parâmetro relevante para os programas de melhoramento genético do café, principalmente o conilon.

Os açúcares totais são constituídos pela soma dos açúcares redutores como glicose e frutose, e com os açúcares não redutores, representados pela sacarose (PEREIRA, 2008). O teor de açúcares pode variar entre a origem, espécies e tipo de processamento. No café conilon são encontradas grandes quantidades de açúcares redutores quando comparado ao arábica, no entanto quando comparado ao teor de sacarose o conilon tem metade do teor de sacarose (ABRAHÃO, 2007).

Segundo Campa (2004) os açúcares estão diretamente relacionados com a qualidade da bebida dependendo principalmente do local de cultivo e da espécie do cafeeiro. No café encontram-se vários tipos de açúcares: glicose, frutose, galactose, sacarose, maltose, manose, entre outros, apresentando diferente poder adoçante. No entanto, em ambas espécies, *C. arábica* e *C. canephora*, o teor de sacarose corresponde a 95% do açúcar total (ABRAHÃO, 2007). A determinação do perfil de açúcares no café e o conteúdo de açúcar total permitem a identificação de genótipos que produzem cafés de qualidade superior para o atributo doçura.

Os ácidos carboxílicos apresentam características sensoriais importantes sendo o gosto azedo, o primeiro composto a ser utilizado como critério de classificação.

Os ácidos carboxílicos encontrados nos cafés são de baixa massa molecular e responsáveis por contribuir de forma significativa o gosto e aroma da bebida, atributos importantes na determinação da qualidade sensorial. O conteúdo de ácidos carboxílicos em cafés está altamente associado ao nível de maturação dos grãos.

Os principais ácidos carboxílicos presentes no café são o málico, cítrico, oxálico e quínico, sendo os ácidos málico e cítrico responsáveis por uma acidez desejável, proporcionando o gosto ácido característico do produto, o málico aferindo um gosto de maçã.

Os ácidos orgânicos produzem maiores quantidades de íons hidrogênio que em maiores concentrações diminuem o pH do meio. Menores valores de pH são associados à acidez mais intensa perceptível na bebida (VOILLEY et al., 1981).

No processo de torração os ácidos acético e lático são gerados por meio de precursores como a sacarose. O conteúdo desses ácidos, principalmente na forma livre, exerce influência sobre a acidez da bebida de café (VERDARDO et al., 2002). No entanto, uma acidez elevada pode ser considerada um defeito, como no ácido acético que produz uma acidez muito indesejável (gosto de vinagre).

Os ácidos clorogênicos são formados por uma família de isômeros, cujo principal representante nos grãos de café é o 5-cafeilquinico, formado pela esterificação do ácido quínico com o ácido cafeico, felúrico ou p-cumárico, sendo responsáveis pela pigmentação, formação de aroma e adstringência durante a torração do café. São precursores de importantes ácidos fenólicos livres e voláteis que são responsáveis pela formação do aroma do café processado (TRUGO; MACRAE, 1984; DE MARIA et al., 1995), no entanto, também são responsáveis pelo gosto amargo e adstringência do café (DART; NURSTEN, 1985).

Diferentes tipos de fermentação podem ocorrer nos frutos de café durante o processo de secagem alterando assim a acidez, gosto, aroma e cor. A fermentação é um processo que pode ser enzimático ou microbiano. Segundo Ferraz e Veiga (1954) essas diferentes reações enzimáticas são responsáveis pela obtenção de bebidas de boa ou má qualidade. O desenvolvimento de microrganismos (fungos e bactérias) nos grãos de café acarreta em fermentações e podridões que alteram o gosto da bebida, provenientes dos processos de fermentação e podridão que ocorrem durante o pós-colheita. Para Amorim (1978), as transformações químicas que ocorrem nos grãos são de natureza enzimática conduzindo a uma qualidade de bebida inferior, sendo as enzimas constituintes do próprio grão ou de microrganismos que contaminam o fruto.

Os açúcares presentes na mucilagem, quando na presença de microrganismo ou em condições de anaerobiose, iniciam processos fermentativos produzindo álcool, que a partir da fermentação acética é produzido o ácido acético que se desdobra em ácido propiônico e butírico. Em resposta a um manejo inadequado levará a uma fermentação butírica, caracterizada pelo cheiro desagradável e um dos principais fatores para decomposição do café e de uma bebida de má qualidade (BITANCOURT, 1957; LOPEZ et al., 1989).

As proteínas são responsáveis pela produção de muitos compostos aromáticos desejáveis durante o processo de torração (HWANG et al., 2012).

Os óleos têm importante papel na retenção do aroma do café torrado, pois durante a torração eles concentram-se nas áreas externas formando uma camada protetora no grão, diminuindo eventuais perdas de aromáticos durante o processo (AGUIAR, 2005).

### **3.8 Melhoramento genético em *Coffea canefora***

Ao longo da história teve-se menor interesse da pesquisa científica sobre o melhoramento do café conilon, devido à sua baixa importância comercial quando relacionado ao café arábica, que iniciou sua exploração comercial, na década de 1960 no estado do Espírito Santo (FERRÃO, 2004). Essa situação venha mudando com o lançamento de diversas cultivares e clones que vem sendo desenvolvido e lançada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Rondônia) e Instituto Capixaba de Pesquisa Agropecuária (INCAPER) nos últimos anos.

O cafeeiro exige procedimentos especiais para algumas características, afim de evitar um melhoramento de baixa eficiência. Dentre estas características, destacam-se: longos períodos para a obtenção de flores e sementes oriundas dos cruzamentos; necessidade de grandes áreas de cultivo, o que eleva o custo e o tempo de avaliações de campo; oscilação anual de produção (bionalidade); necessidade de avaliação da precocidade e da longevidade de produção, entre outras (SERA et al., 2002).

Os principais métodos de melhoramento utilizados visam a explorar a variabilidade inerente à espécie, selecionando plantas-matrizes, formando populações e melhorando-as por seleção recorrente, desenvolvendo variedades clonais, híbridos e variedades sintéticas. Ferrão (2004) cita diversos autores para afirmar que a alogamia, característica da espécie *C. Canefora*, garante ampla variabilidade, e heterozigose, qualidades que são essenciais em programas de melhoramento genético.

Segundo Rodrigues et al. (2012) os principais objetivos nos programas de melhoramento de café conilon são: elevar a produtividade, aumentar a precocidade, a longevidade e a estabilidade de produção, obter maior tamanho de grãos, baixo percentual de grãos moca, maior

uniformidade de maturação, resistência a pragas, menores teores de cafeína, arquitetura adequada ao adensamento da lavoura e manejo da planta, adaptabilidade a diversos ambientes, tolerância a seca e arquitetura mais adequada a colheita mecanizada e ao plantio irrigado via pivô central, comum na região.

### 3.9 Estatística

A partir da verificação dos pressupostos estatísticos para o ajuste dos modelos lineares foi empregado o Método dos Mínimos Quadrados Ordinários. Após a geração dos modelos de regressão linear foi testada a possibilidade de construção de um modelo de regressão único para cada um dos parâmetros analisados. Para tanto, foi aplicado um teste que verifica a igualdade de duas regressões lineares denominado Método da Identidade de Modelos (REGAZZI, 2003).

Construíram-se curvas médias dos ciclos médio e precoce para os caracteres avaliados (Diâmetro, Nós e Altura) e foram comparadas pelo teste proposto por Regazzi (2003), no qual aferiu-se a igualdade dos coeficientes para verificar se apenas uma equação poderia ser adequada entre os genótipos precoce e médio. A igualdade para qualquer subconjunto foi observada através do teste da Razão de Verossimilhança em modelos de regressão linear, dada pela aproximação do teste de Qui-quadrado (REGAZZI, 2003). A estatística do teste é dada como:

$$X^2_{\text{calculado}} = -n \ln \left( \frac{SQR_{\Omega}}{SQR_w} \right)$$

Onde:

$SQR_{\Omega}$  = soma de quadrados de resíduo do modelo completo ( $\Omega$ );  $SQR_w$  = soma de quadrados do modelo reduzido ( $w$ );  $n$  = número total de observações.

No teste de comparação das curvas médias foram utilizados procedimentos estatísticos que têm sido empregados para decidir se uma equação comum pode ser empregada em vez de uma equação para cada situação, como o teste de identidade de modelos (QUEIROZ et al., 2008). Diversos autores apresentaram métodos para testar hipóteses relativas à identidade de modelos lineares e não lineares, como por exemplo, Regazzi (1993, 1999, 2003), Dette e Neumeyer (2001), Leite e Oliveira (2002), entre outros. Todas as análises estatísticas foram realizadas por meio do software livre R, versão 3.4.3.

## 4 REFERÊNCIAS

- ALÈGRE, C. Climats et caféiers d'arabie. **Agronomie Tropicale**, v.14, p. 23-58, 1959
- AMARAL, J. A. T.; LOPES, J. C.; AMARAL, J. F. T.; SARAIVA, S. H.; JESUS, W. C. J. Crescimento vegetativo e produtividade de cafeeiros conilon propagados por estacas em tubetes. **Ciência Agrotecnológica**, v. 31, p.1624-1629, 2007.



- BALIZA, D. P.; CUNHA, R. L.; CASTRO, E. M.; BARBOSA, J. P. R. A. D.; PIRES, M. F.; GOMES, R. A. Trocas gasosas e características estruturais adaptativas de cafeeiros cultivados em diferentes níveis de radiação. **Coffee Science**, v. 7, n. 3, p. 250-258, 2012.
- BOTE, A. D. E.; STRUIK, P. C. Effects of shade on growth, production and quality of coffee (*Coffea arabica*) in Ethiopia. **Journal of Horticulture and Forestry**, v. 3, n. 11, p. 336-341, 2011.
- CARVALHO, H. P.; MELO B.; RABELO P. G.; SILVA C. R.; CAMARGO R. Índices bioclimáticos para a cultura de café. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 6, p. 601-606, 2011.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Conab). **Acompanhamento da safra brasileira de café, safra 2017, quarta estimativa**. 2017. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 14 maio, 2018.
- CUNHA, A.R.; VOLPE, C.A. Curvas de crescimento do fruto de cafeeiro cv. Obatã IAC 1669-20 em diferentes alinhamentos de plantio. **Ciências Agrárias**, v.32, n.1, p.49-62, 2011.
- 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. **Biometria aplicada ao melhoramento genético do café conilon**. Viçosa, MG: DFT/UFV, 2004. 256f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, 2004.
- FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A. da; FERRÃO, M. A. G.; MUNER, L. H. de; VERDIN FILHO, A. C.; VOLPI, P. S.; MARQUES, E. M. G.; ZUCATELI, F. **Café conilon: técnicas de produção com variedades melhoradas**. Vitória, Incaper v. 2 p. 60, 2004.
- FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; VERDIM FILHO, A. C.; VOLPI, P.S. **Origem, dispersão geográfica, taxonomia e diversidade genética de *Coffea canephora***. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; DE MUNER, L. H.. (Eds). *Café conilon*. Vitória, Incaper, 2007. 702 p.
- MANTOVANI, E. C.; TEIXEIRA M. B., FERREIRA, P. de A.; BATISTA, R. O.; Crescimento de cafeeiros em casa de vegetação. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória-ES. **Anais...** Brasília: Embrapa/Café, p.15-16, 2001.

MATIELLO, J. B. **Café conilon**: como plantar, tratar, colher, preparar e vender. Rio de Janeiro: MM Produções Gráficas, 1998. 162 p.

MATIELLO, J. B.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R. ABORDAGEM SOBRE A BIENALIDADE DE PRODUÇÃO EM PLANTAS DE CAFÉ. **Revista de tecnologia cafeeira**, v. 4, n. 11 p. 11, 2007.

MARTINS, M. Q. Protective response mechanisms to heat stress in interaction with High [CO<sub>2</sub>] Conditions in *Coffea spp.* **Frontiers in Plant Science**, v. 7, p. 946-968, 2016.

MOTA, J. W. S.; DA MATA, F. M.; BARROS, R. S.; MAESTRI, M. Vegetative growth in *Coffea arabica* L. as affected by irrigation, daylength and fruiting. **Tropical Ecology**, v.38, p.73-79, 1997.

PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; RODRIGUES, A. P. D.; PAIS, I.; CAMPOSTRINI, E., CHAVES, M. M. C. C.; RAMALHO, J. C. Cold induced changes on sugar contents and respiratory enzyme activities in coffee genotypes. **Ciência Rural**, v. 40, n. 4, p. 781-786, 2010.

PARTELLI, F. L.; BATISTA-SANTOS, P.; SCOTTI-CAMPOS, P.; PAIS, I. P.; QUARTIN, V. L.; VIEIRA, H. D.; RAMALHO, J. C. Characterization of the main lipid components of chloroplast membranes and cold induced changes in *Coffea spp.* **Environmental and Experimental Botany**, v. 74, n. 1, p. 194-204, 2011.

PARTELLI, F. L.; OLIVEIRA, M. G.; SILVA, M. B. da. Café conilon: qualidade, adubação e irrigação. In: BONOMO, R.; REIS, E. F. Irrigação do conilon: **manejo de irrigação**. v. 4, p. 53-72, 2013

PARTELLI, F. L. Dry matter and macronutrient accumulation in fruits of conilon coffee with different ripening cycles. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 38, n. 1, p. 214-222, 2014.

PEZZOPANE, J. R. M.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; THOMAZIELLO, R. A.; CAMARGO, M. B. P. Escala para avaliação de estádios fenológicos do cafeeiro arábica. **Bragantia**, v. 62, n. 3, p. 499-505, 2003.

**R**: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: **R** Foundation for Statistical Computing; 2014.

RAMALHO, J. C.; QUARTIN, V. L.; LEITÃO, E.; CAMPOS, P. S.; CARELLI, M. L. C.; FAHL, J. I.; NUNES, M. A. Cold acclimation ability and photosynthesis among species of the tropical *Coffea* genus. **Plant Biology**, v. 5. p. 631-641, 2003.

REGAZZI, A. J. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não linear. **Revista Ceres**, v. 50, n. 287, p. 9-26, 2003.

RENA, A. L.; NACIF, A. P.; GUIMARÃES, P. T. G.; PEREIRA, A. A. Poda do cafeeiro: aspectos morfológicos, ecofisiológicos e agronômicos. **Informe Agropecuário**, v.19, n.193, p.71- 80, 1998.

ROCHA, O. C.; GUERRA, A. F.; SILVA, F. A. M.; MACHADO JÚNIOR, J. R. R.; ARAÚJO, M. C. DE; SILVA, H. C. Programa para monitoramento de irrigação do cafeeiro no cerrado. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006.

RODRIGUES, W. P. Long-term elevated air [CO<sub>2</sub>] strengthens photosynthetic functioning and mitigates the impact of supra-optimal temperatures in tropical *Coffea arabica* and *C. canephora* species. **Global Change Biology**, v. 22, n. 1, p. 415-431, 2016.

RODRÍGUEZ-LÓPEZ N. F.; MARTINS S. C. V.; CAVATTE P. C.; SILVA P. E. M.; MORAIS L. E.; PEREIRA L.F.; REIS J. V.; ÁVILA R. T.; GODOY A. G.; LAVINSKI A. O.; DAMATTA F.M. Morphological and physiological acclimations of coffee seedlings to growth over a range of fixed or changing light supplies. **Environmental and Experimental Botany**. v. 102, p. 1-10, 2014.

RONCHI, C. P.; DAMATTA, F. M. Aspectos fisiológicos do café conilon. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; DE MUNER, L. H. (Eds). *Café conilon*. Vitória: Incaper, 2007. 702p.

SANTIN, M. R. **Caracterização agronômica do café conilon irrigado no Distrito Federal**. Brasília. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2016. p. 74 Tese de Doutorado.

SERA, G. H.; SERA, T.; PEREIRA, C. T. M.; CARDUCCI, F. C.; MARIUCCI JÚNIOR, V.; COSTA, K. C.; ANDREAZI, E.; CARVALHO, F. G.; ROCHA, L. M.; MACHADO, P.; SHIGUEOKA, L. H.; BROCCO, L. A. F. Identificação de progênies de café arábica portadoras de genes de *Coffea racemosa* com ciclo de maturação de frutos precoce. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 9, 2015, Curitiba. **Resumos Expandidos...** Brasília: Embrapa Café, 2015.

SETTE, D. M. Os climas do cerrado do Centro-oeste. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n.1, 2005.

SILVA, E. A.; DAMATTA, F. M.; DUCATTI, C.; REGAZZI, A. J.; BARROS, R. S. Seasonal changes in vegetative growth and photosynthesis of Arabica coffee trees. **Field Crops Research**, v.89, p.349-357, 2004.

## **CAPÍTULO I**

**ANÁLISE DE CRESCIMENTO DE GENÓTIPOS DE CAFÉ CONILON  
RECEPADO IRRIGADO NO CERRADO DO PLANALTO CENTRAL.**

**GROWTH ANALYSIS OF GENOTYPES OF CONILON COFFE RECEPADO  
IRRIGATED IN THE CERRADO OF PLANALTO CENTRAL.**

# ANÁLISE DE CRESCIMENTO DE GENÓTIPOS DE CAFÉ CONILON RECEPADO IRRIGADO NO CERRADO DO PLANALTO CENTRAL

## RESUMO

O café conilon é uma variedade botânica dentro da espécie *Coffea canephora* Pierre ex Froehner. Seu cultivo vem surgindo como uma nova opção para os produtores de café na região do Cerrado, local ideal para cultivos de grandes culturas, por ser uma região plana e com aptidão ao uso de tecnologias como sistema irrigado por pivô e uso de máquinas. Nesse contexto, o café conilon se mostra uma alternativa para o produtor com uso de irrigação e possibilidade de alcance de altas produtividades. Com objetivo de identificar genótipos promissores dentro do programa de melhoramento genético de café conilon na Embrapa Cerrados, foram avaliadas características morfoagronômica em genótipos de café conilon irrigados no Cerrado do Planalto Central. As características avaliadas foram: altura do ramo ortotrópico, número de nós (número de ramos plagiotrópicos), diâmetro do ramo ortotrópico. Estimou-se ainda o número de plantas mortas após recepa, em relação ao ciclo de maturação. A área experimental foi estabelecida em 2009, no espaçamento de 3,5 m entrelinhas e 1,0 m entre plantas, com irrigação por pivô central. Os genótipos foram divididos em dois grupos, baseados em conhecimento prévio sobre o ciclo de maturação, entre o retorno da irrigação e estágio de cereja: Precoce (256-267 dias) e Médio (268-280 dias). Foram efetuadas análise de regressão linear combinando os ciclos vegetativos para cada variável resposta no qual foi empregado o Método dos Mínimos Quadrados Ordinários. Os coeficientes de determinação das regressões e estatísticas aplicadas para avaliar o ajuste dos modelos das curvas de ciclo precoce e médio das variáveis resposta para diâmetro e altura dos ramos ortotrópicos e número de nós, não obtiveram igualdade, variando de 0,9706 a 0,9839 com nível de significância de 0,01%. A taxa de mortalidade dos genótipos avaliados foi de 29,5% para os genótipos de ciclo precoce e de 27,1% nos de ciclo médio. Os genótipos CPAC 124 e CPAC 162 foram os que apresentaram maior dissimilaridade entre os 238 genótipos. As maiores taxas de crescimento foram obtidas pelos genótipos CPAC 17 e CPAC 161.

**Palavras-chave:** *Coffea canephora* Pierre ex Froehner, recepa, desenvolvimento vegetativo, melhoramento genético.

## GROWTH ANALYSIS OF GENOTYPES OF CONILON COFFE IRRIGATED IN THE CERRADO OF PLANALTO CENTRAL.

### ABSTRACT

The conilon coffee is a botanical variety within the species *Coffea canephora* Pierre ex Froehner. Its cultivation has emerged as a new option for coffee producers in the Cerrado region, an ideal place for crops of large crops, because it is a flat region and suitable for the use of technologies such as pivot irrigation and the use of machines. In this context, conilon coffee is an alternative for the producer with the use of irrigation and possibility of reaching high yields. In order to identify promising accessions within the genetic improvement program of conilon coffee at Embrapa Cerrados, morphological characteristics were evaluated in conilon coffee genotypes irrigated in the Cerrado of Planalto Central. The evaluated characteristics were: height of the orthotropic branch, number of nodes (number of plagiotropic branches), orthotropic branch diameter. It was also estimated the number of dead plants after collection, in relation to the maturation cycle. The experimental area was established in 2009, spacing 3.5 m between rows and 1.0 m between plants, with central pivot irrigation. The genotypes were divided into two groups, based on previous knowledge about the maturation cycle, between irrigation return and cherry stage: Early (256-267 days) and Medium (268-280 days). Linear regression analysis was performed combining the vegetative cycles for each response variable in which the Ordinary Least Squares Method was used. The coefficients of determination of the regressions and statistics applied to evaluate the adjustment of the models of the curves of early and medium cycle of the variables response for diameter and height of the orthotropic branches and number of nodes, did not obtain equality, varying from 0.9706 to 0.9839 with significance level of 0.01%. The mortality rate of the evaluated genotypes was 29.5% for the early-cycle genotypes and 27.1% for the medium-cycle genotypes. The genotypes CPAC 124 and CPAC 162 were the most dissimilar among the 238 genotypes. The highest growth rates were obtained by CPAC 17 and CPAC 161 genotypes.

**Key words:** *Coffea canephora* Pierre ex Froehner, recepa, vegetative development, genetic improvement.

## INTRODUÇÃO

O café conilon é uma variedade botânica dentro da espécie *Coffea canephora* Pierre ex Froehner. Seu cultivo vem surgindo como uma nova opção para os produtores de café na região do Cerrado, local ideal para cultivos de grandes culturas, por ser uma região plana e com aptidão ao uso de tecnologias como sistema irrigado por pivô e uso de máquinas. Nesse contexto, o café conilon se mostra uma alternativa para o produtor com uso de irrigação e possibilidade de alcance de altas produtividades. A principal forma de consumo, dos seus grãos, é na forma de café solúvel, sendo utilizado diversas vezes em *blends* por ser uma bebida neutra, e usado em torrefações por possuir maior concentração de sólidos solúveis, resultando num maior rendimento industrial (MATIELLO, 1991).

A produção nacional de café em 2017 foi de 44,97 milhões de sacos de 60 quilos de café beneficiado, destes, 10,72 milhões de sacas são de café conilon, representando 23,8% do total. A área total plantada com a cultura totaliza 2,2 milhões de hectares, no café conilon a área plantada é de 427 mil hectares. Em Minas Gerais está concentrada mais da metade da área plantada (1.235.114 hectares), predominando o café arábica, e o Espírito Santo com a segunda maior área plantada (432.508 hectares), onde predomina o café conilon (CONAB, 2018).

O café conilon está presente nos estados do Espírito Santo, Rondônia e na Bahia, devido sua adaptação às condições climáticas dessas regiões (FERRÃO, 2004). Devido as condições edafoclimáticas do Cerrado aliado ao uso de sistema de produção irrigado com adubações equilibradas existe potencial de entrada e expansão em regiões dos estados de Goiás, Minas Gerais e Distrito Federal.

O crescimento das plantas de café é influenciado por diversos fatores, destacando-se os genéticos e edafoclimáticos (BRAGANÇA, 2006), com ciclo fenológico que apresenta sucessão de fases vegetativas e reprodutivas a cada dois anos (CUNHA e VOLPE, 2011; PARTELLI et al., 2014). Dentre os fatores climáticos, o regime de chuvas e de temperatura do ar e o fotoperíodo são os que mais influenciam na taxa de crescimento da parte aérea do cafeeiro (crescimento dos ramos ortotrópicos e plagiotrópicos, formação de nós, expansão foliar) (RONCHI e DAMATTA, 2007).

O *C. canephora* apresenta temperatura do ar ideal para seu desenvolvimento entre 22 e 26 °C (DAMATTA, 2006; CARVALHO, 2011), podendo tolerar temperaturas de até 37 °C durante o dia e 30 °C à noite, dependendo da fase fisiológica que se encontra. Amaral et al. (2007) e Partelli et al. (2010) verificaram que o desenvolvimento dos ramos de conilon irrigado e não irrigado não foram afetados pelas altas variações da temperatura mínima do ar no extremo sul da Bahia.



A região do Cerrado tem apresentado condições favoráveis à cultura do café conilon, pois tem um clima propício às condições de desenvolvimento da cultura; possibilidade do uso de máquinas e uso de tecnologias como cultivares melhoradas, irrigação e práticas culturais. FERNANDES et al. (2012) relataram que é possível aumentar a produtividade e melhorar a qualidade, sem onerar significativamente o custo de produção, no entanto, sua restrição está relacionada à ocorrência de baixas temperaturas do ar em regiões de maior altitude. Em condições de Cerrado, as plantas de cafés, após apresentarem altas produções nos primeiros 4 a 5 anos (devido às condições ótimas de clima e tecnologias adotadas) começam a ter sua produção reduzida, sendo variável entre genótipos, assim faz-se o uso de um manejo de renovação como a poda drástica, buscando uma recuperação do potencial produtivo. A recepa é um exemplo dessa tecnologia, configurando-se como uma poda baixa, que promove a renovação quase total da copa dos cafeeiros, sendo indicada para lavouras ou plantas que perderam seus ramos produtivos inferiores ou devido ao avançado grau de fechamento (MATIELLO et al., 2007), para região do Cerrado essa tecnologia se mostra muito propícia.

Para Sera (2015), o ciclo de maturação das cultivares é um parâmetro muito importante na tomada de decisão na escolha do material, visto que, genótipos de ciclo tardio ou muito tardio não são indicados para regiões de temperaturas do ar amenas, posto que a colheita pode coincidir com o início da florada, podendo danificar as flores. Neste sentido, é de suma importância o estudo e a distinção do ciclo de maturação dos genótipos avaliados. Santin (2016) observou em plantas de café conilon que os materiais genéticos mais produtivos foram os de ciclo precoce para a região Cerrado. Logo, seria de grande valor a identificação de materiais produtivos de ciclos precoces, principalmente para permitir um melhor escalonamento de colheita e um melhor uso da infraestrutura no processo de beneficiamento do café.

O *C. canephora*, sendo uma espécie vegetal perene, possui aspectos biológicos típicos que tornam o seu melhoramento genético distinto de culturas anuais, como: longos ciclos produtivos e reprodutivos, efeito da bienalidade de produção, longevidade em produtividade. Assim, geralmente são experimentos que exigem vários anos de avaliação em cultivo e, desta forma o melhorista precisa ficar atento quanto à redução da sobrevivência das plantas, fato que, associado à sobreposição de gerações, tende a gerar dados desbalanceados para uso na estimação de parâmetros genéticos e na predição de valores genéticos individuais.

O objetivo deste trabalho foi avaliar e caracterizar o crescimento de genótipos de café conilon irrigado no Cerrado do Planalto Central, após recepa, com base em características morfoagronômicas, a fim de auxiliar a seleção de materiais promissores a serem utilizados no programa de melhoramento genético desta cultura.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na área experimental da Embrapa Cerrados, localizada em Planaltina, Distrito Federal, com coordenadas 15°35'30" S, 47°42'30" O, altitude de 1.030 m, em LATOSSOLO VERMELHO distrófico típico, argiloso. Os resultados médios de análise química do solo, na profundidade de 0-20 cm, apresentaram dados: 1,14 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Al; 16,4 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca; 0,63 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de K; 2,5 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Mg; 6,8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de P; 27,8 g kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica e pH<sub>(água)</sub> de 4,44; areia grossa = 60 g kg<sup>-1</sup>; areia fina = 380 g kg<sup>-1</sup>; silte = 130 g kg<sup>-1</sup> e argila = 430 g kg<sup>-1</sup>.

Foram avaliados 238 genótipos de *C. canephora*, do grupo botânico conilon, oriundos de cruzamentos naturais entre clones da cultivar Emcaper 8151 "Robusta Tropical", localizado em campo experimental do Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural – INCAPER. O ensaio foi implantado em 2009 na Embrapa Cerrados, em sistema de irrigação sob pivô central, e o manejo de irrigação se fundamentou no Programa de Monitoramento de Irrigação do Cerrado (ROCHA et al., 2006).

Na implantação do experimento foram adicionados 120 g de superfosfato triplo, 50 g de termofosfato magnésiano (Yoorin<sup>®</sup>) e 24,5 g de *fritted trace elements* (FTE BR 12<sup>®</sup>) por cova. A calagem foi realizada com duas toneladas por hectare de calcário dolomítico, com o objetivo de elevar a saturação de bases para 50%, sendo metade da dose aplicada antes da aração e a segunda metade, antes da gradagem, e a aplicação de duas toneladas por hectare de gesso agrícola. A adubação anual consistiu de 450 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, na forma de ureia; 450 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na forma de cloreto de potássio, distribuídos em quatro parcelas iguais em setembro, dezembro, fevereiro e março. Aplicou-se 300 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> usando como fonte o superfosfato simples, dois terços aplicados em setembro e o restante em dezembro. A cada dois anos, foram adicionados 100 kg ha<sup>-1</sup> de FTE BR 12<sup>®</sup>. No primeiro ano foi aplicada apenas a metade da dose anual.

As plantas foram recepada em novembro de 2016 a uma altura de 20 cm em relação ao solo, deixando um ramo como pulmão até a rebrota, quando este ramo foi removido. A caracterização foi feita em dois ramos ortotrópicos por planta que foram marcados com placas identificando cada ramo, a partir de 18 de abril de 2016 até 2 de maio de 2017, sendo que as primeiras dez avaliações foram feitas semanalmente e, posteriormente, passaram a ser quinzenais até o fim das avaliações, tomadas de plantas individualizadas.

As características avaliadas foram:

1. Alturas de planta: medida em centímetros, após a recepa, da base da planta até a gema apical do caule (ramo ortotrópico principal).
2. Diâmetro do ramo ortotrópico: medida em milímetro com auxílio de um paquímetro,

diâmetro do ramo ortotrópico logo abaixo do primeiro nó.

3. Número de nós nos ramos ortotrópicos: contados da base até a copa formada.
4. Taxa de mortalidade: número de plantas mortas após recepa, foram avaliadas as plantas que foram morrendo ao longo das avaliações após recepa.
5. Taxa de crescimento de altura de plantas: foram aferidas com a diferença de altura de plantas ao final e início das avaliações.

Foram avaliados genótipos com ciclo de maturação precoce (256-267 dias) e médio (268-280 dias) segundo determinação realizada por Santin (2016), mediante observações semanais dos genótipos, seguindo escala desenvolvida por Pezzopane et al. (2003), em que se considerava a mudança de nível quando pelo menos 80% dos frutos encontravam-se no mesmo estágio de maturação.

No presente estudo foram propostas as análises das relações entre a semana avaliada como variável independente (x) e os parâmetros Altura, Diâmetro e Nós, como variáveis dependentes. Para o estudo foram considerados dois tratamentos representados pelos ciclos vegetativos: tratamento A: Médio; e tratamento B: Precoce. Foi feita uma análise de regressão linear combinando os ciclos vegetativos para cada variável resposta, gerando um total de seis modelos lineares.

Para cada um deles foi ajustado o modelo de regressão linear dados por:

$$y_i = \beta + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_k x_{ki} + \varepsilon_i$$

Onde:

$y_i$  :corresponde ao i-ésimo valor da variável resposta,  $i=1,2, \dots, N$  observações;

$x_{ki}$  :corresponde ao i-ésimo valor da k-ésima variável explicativa,  $k=1,2, \dots, K$  variáveis;

$\beta_k$  :corresponde ao parâmetro do modelo linear;

$\varepsilon_i$  :corresponde aos erros aleatórios.

A partir da verificação dos pressupostos estatísticos para o ajuste dos modelos lineares foi empregado o Método dos Mínimos Quadrados Ordinários. Após a geração dos modelos de regressão linear foi testada a possibilidade de construção de um modelo de regressão único para cada um dos parâmetros analisados. Para tanto, foi aplicado um teste que verifica a igualdade de duas regressões lineares denominado Método da Identidade de Modelos (REGAZZI, 2003).

Construíram-se curvas médias dos ciclos médio e precoce para os caracteres avaliados (Diâmetro, Nós e Altura) e foram comparadas pelo teste proposto por Regazzi (2003), no qual aferiu-se a igualdade dos coeficientes para verificar se apenas uma equação poderia ser adequada entre os genótipos precoce e médio. A igualdade para qualquer subconjunto foi observada através do teste da Razão de Verossimilhança em modelos de regressão linear, dada pela aproximação do teste de Qui-quadrado (REGAZZI, 2003). A estatística do teste é dada como:

$$X^2_{\text{calculado}} = -n \ln \left( \frac{SQR_w}{SQR_{\Omega}} \right)$$

Onde:

$SQR_{\Omega}$  = soma de quadrados de resíduo do modelo completo ( $\Omega$ );  $SQR_w$  = soma de quadrados do modelo reduzido ( $w$ );  $n$  = número total de observações.

O valor encontrado dos coeficientes de determinação foi em função do  $\alpha$  de probabilidade e dos graus de liberdade o qual corresponde à diferença do número do coeficiente do modelo completo ( $p_{\Omega}$ ) e do reduzido ( $p_w$ ). A probabilidade de erro utilizada foi de  $p < 0,06$ .

Com base na média dos dados, foram estimados coeficientes de distância genética entre cada par de genótipo. Processou-se análise de variância para se verificar a existência de variabilidade significativa entre os genótipos, em relação aos caracteres avaliados. A variabilidade genética foi feita pela análise de componentes principais (ACP) com os dados padronizados e a distância de dissimilaridade a partir da ACP.

Os valores médios de crescimento de ramos foram apresentados em figuras de forma descritiva, juntamente com o erro padrão da média. Similarmente, foram apresentados os 20 genótipos com as maiores taxas de incremento (Figura 9).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, com base nos caracteres quantitativos aferidos, e estimada a distância generalizada de Mahalanobis ( $D_2$ ) (MAHALANOBIS, 1936).

Do mesmo modo, averiguou-se as taxas de mortalidade das plantas de ciclo precoce e médio dos cafés recepados, que foram estimadas ao final das avaliações, calculando-se a diferença do número de plantas no início e fim das avaliações, dividido pelo número total de plantas no início das avaliações.

Todas as análises estatísticas foram realizadas por meio do software livre R, versão 3.4.3.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

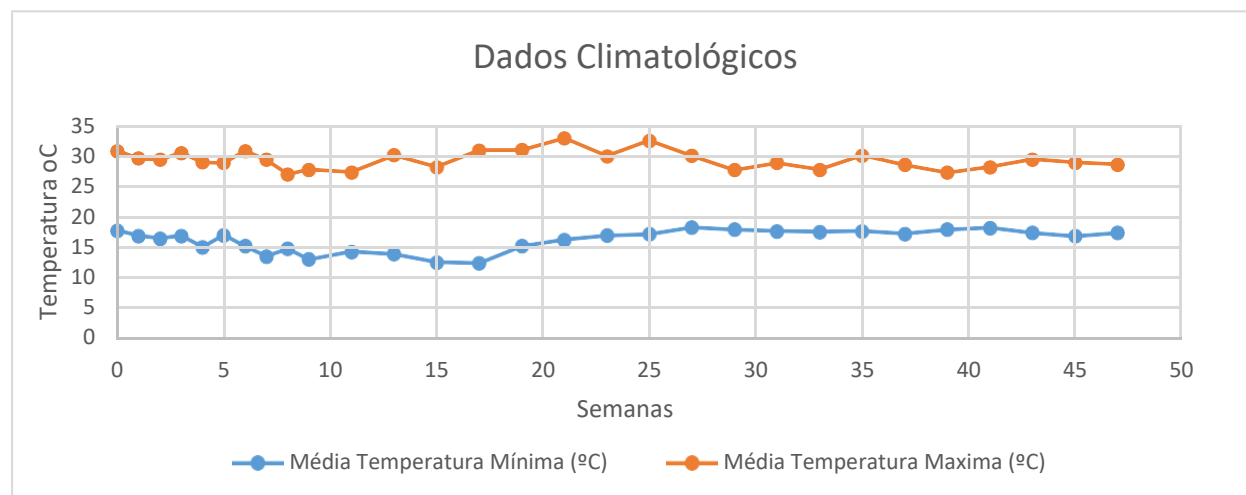
Para todas as variáveis resposta observaram-se comportamentos lineares, sendo que os coeficientes de determinação das regressões se mostraram superiores a 95%, o que demonstra a adequabilidade destes modelos para avaliar estas características, segundo Regazzi (2003).

Constatou-se que o valor da declividade da curva de regressão linear, o “a” da função  $f(x) = ax^2 + b$  variou em relação aos ciclos médio e precoce (Figuras 2, 3, e 4).

Os genótipos de ciclo precoce apresentaram os maiores valores de “a” para todas as características aferidas ao final das avaliações (Figura 2, 3 e 4), demonstrando que essas plantas foram as que se desenvolveram mais rapidamente durante o período de avaliação. Esta mesma

coleção avaliada por Santin (2016), constatou que as plantas de ciclo precoce foram as mais produtivas.

A distribuição da irrigação durante as avaliações foi semelhante em todo o período, assim como as médias das temperaturas máxima e mínima do ar não tiveram grandes variações (Figura 1).

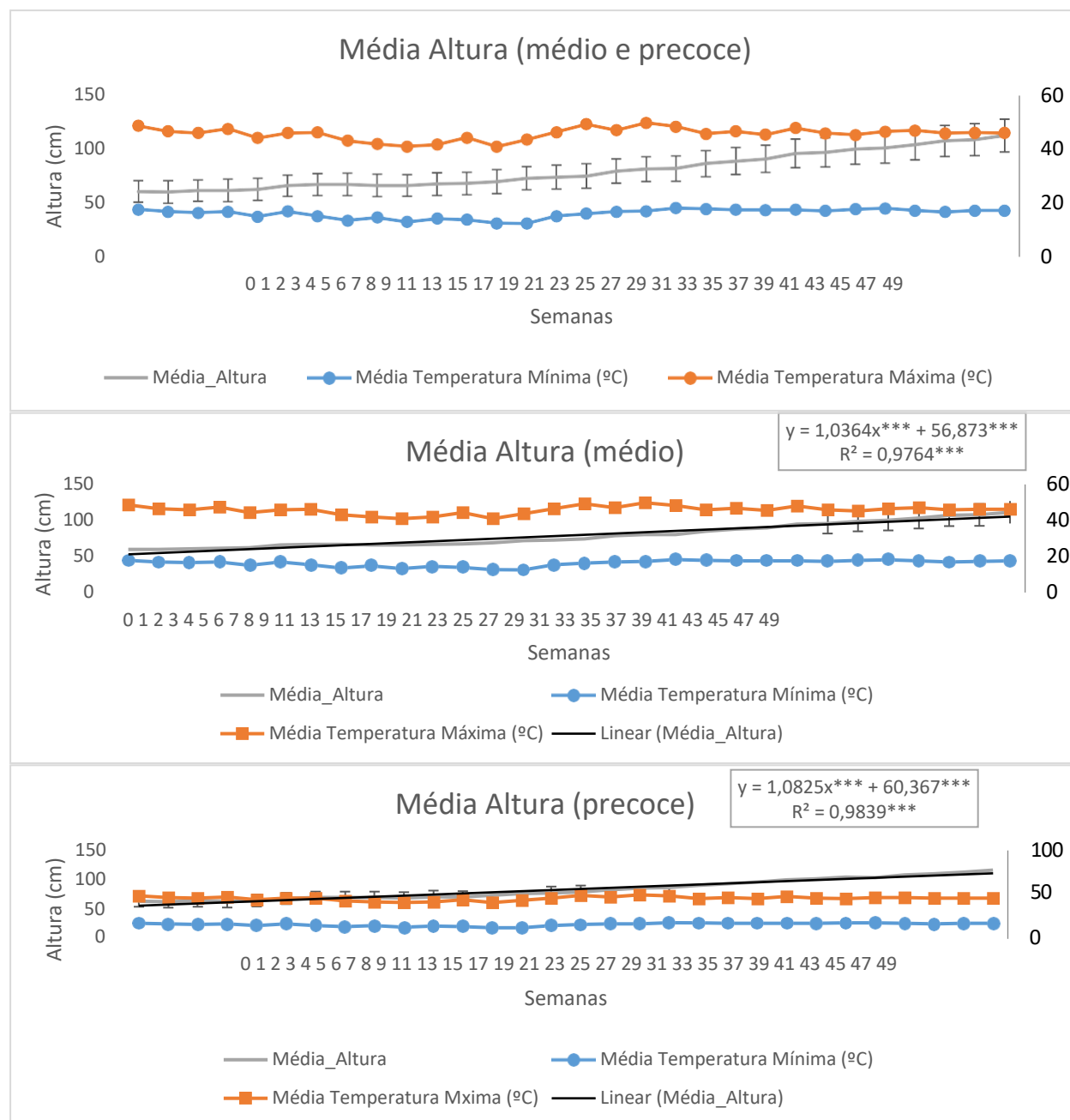


**Figura 1.** Médias das temperaturas máxima e mínima do ar (°C) durante as avaliações, Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, 2017.

Da primeira semana de junho ao início de agosto foi observada uma redução nas médias das temperaturas mínimas, assim como uma redução no índice de precipitação que foi de 7,4 mm nos meses de junho e julho, conseqüentemente, houve redução da umidade relativa do ar. As maiores médias das temperaturas máximas do ar foram constatadas de julho a janeiro entre a décima sétima e a vigésima quinta semana, quando, sucedeu a elevação das médias das temperaturas máxima e mínima do ar, fatores estes que influenciaram na umidade relativa do ar e num maior desenvolvimento dos caracteres avaliados, como demonstrado por Damatta (2006) e Carvalho (2011), quando avaliaram que a temperatura ideal para o desenvolvimento do *C. canephora* entre 18 e 26 °C podendo tolerar temperaturas de 37 °C de dia e 30 °C à noite.

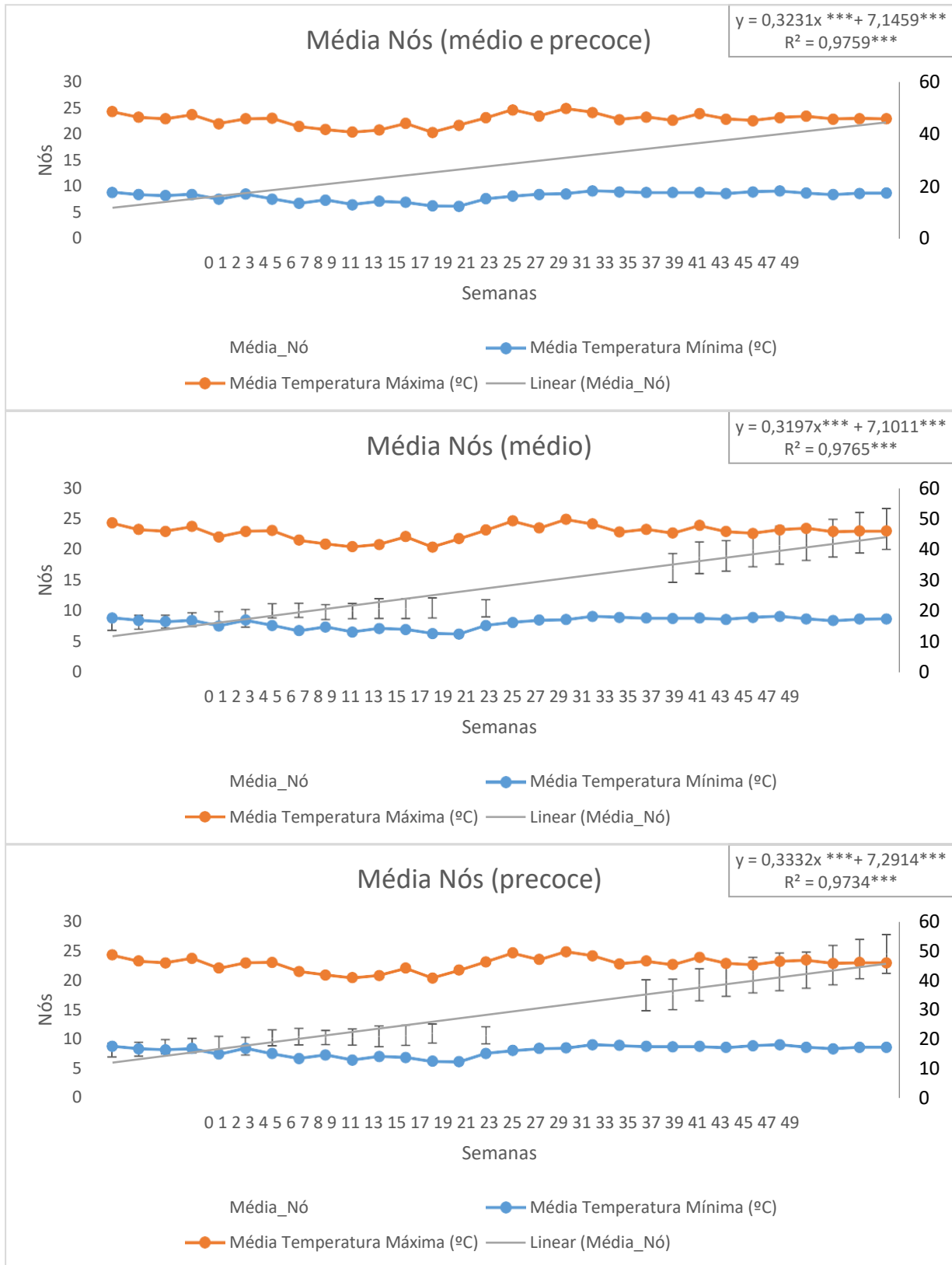
Ao final das avaliações foi constatado que as temperaturas máxima e mínima do ar não tiveram grandes variações, oscilando de 12,5 a 18,2 °C nas mínimas e de 27,1 a 33,0 °C nas máximas, e esporadicamente temperaturas mínimas inferiores a 10 °C. No entanto, não foram observadas temperaturas médias abaixo de 15 °C. Da mesma forma, os resultados encontrados por Ramalho et al. (2003) e os relatos de Partelli et al. (2011) demonstraram que o cafeeiro tem sensibilidade ao frio a temperaturas do ar com médias mensais inferiores a 15-16 °C. Amaral et al. (2007) afirmaram que o desenvolvimento dos ramos de café conilon irrigado e não irrigado não foi afetado pelas oscilações da temperatura mínima no sul da Bahia. No entanto, Partelli et

al. (2013) verificaram que no Rio de Janeiro e Espírito Santo o desenvolvimento foi afetado pelas baixas temperaturas, tal qual MOTA (1997), que relatou a suscetibilidade ao frio em cafés conilon quando cultivados em altitudes elevadas.



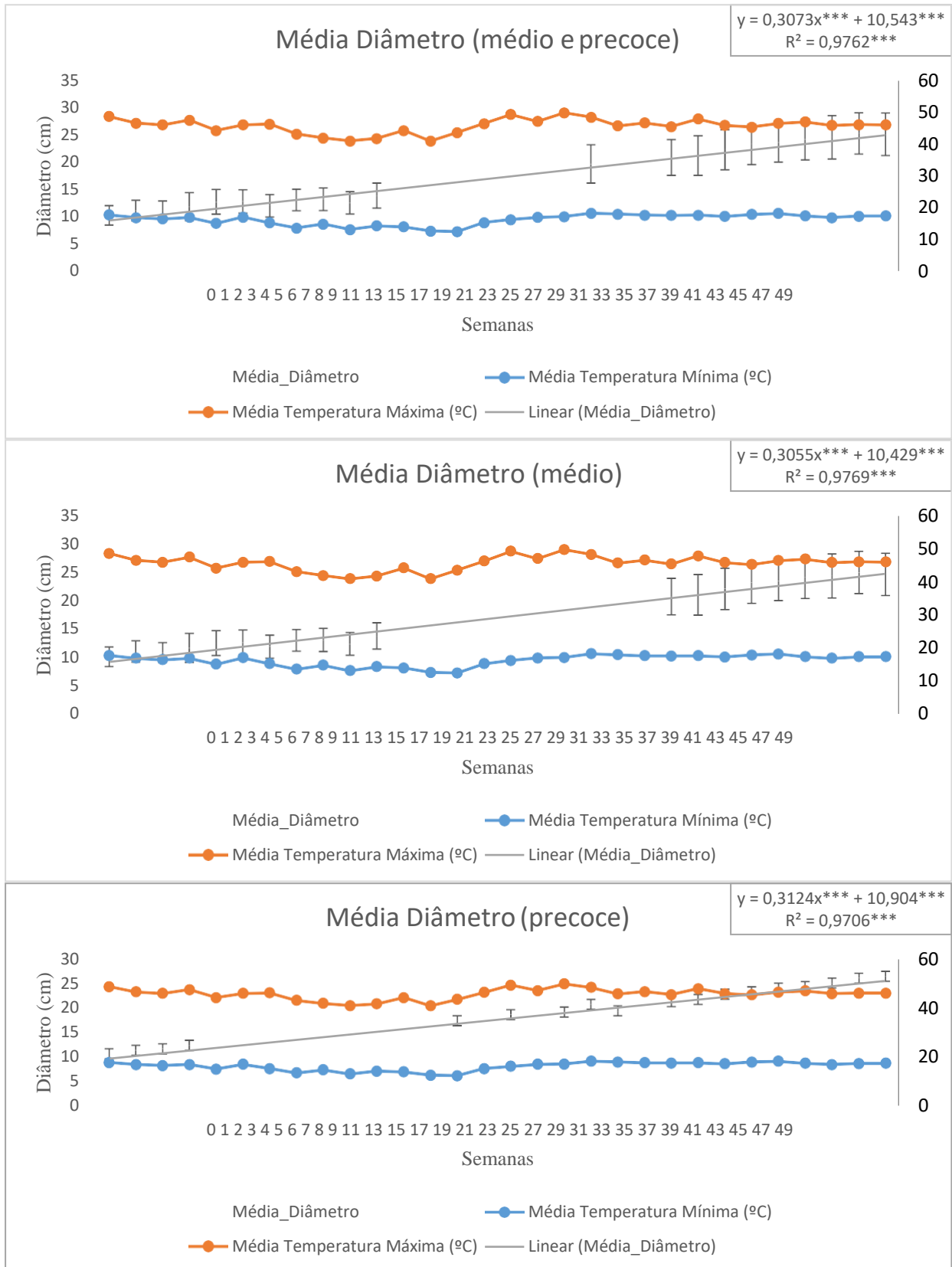
**Figura 2.** Curva de crescimento das médias das Alturas dos 238 genótipos de *C. canephora* de médio e precoce em cultivo irrigado no Cerrado. Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, 2017.

\*\*\*Significância a 0,01% (do intercepto, do coeficiente angular, coeficiente de determinação).



**Figura 3.** Curva de crescimento das médias dos 238 genótipos de *C. canephora* de ciclo médio e precoce em cultivo irrigado no Cerrado. Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, 2017.

\*\*\*Significância a 0,01% (do intercepto, do coeficiente angular, coeficiente de determinação).



**Figura 4.** Curva de crescimento das médias dos 238 genótipos de *C. canephora* de ciclo médio e precoce em cultivo irrigado no Cerrado. Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, 2017.

\*\*\*Significância a 0,01% (do intercepto, do coeficiente angular, coeficiente de determinação).



A razão da verossimilhança é dada nas tabelas 1, 2 e 3. A significância para os genótipos de ciclo médio e precoce para todas as variáveis resposta foi menor que 5%, exceto para a variável resposta Número de Nós nos ramos ortotrópicos que exibiu valor de 6%.

**Tabela 1.** Razão da Verossimilhança entre as equações dos genótipos de ciclo precoce e médio para a característica Diâmetro. Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, 2017.

Modelos	Parâmetros	Modelo Completo Diâmetro	Modelo Reduzido Diâmetro
1 Diâmetro Médio	a1	10,4294	-
2 Diâmetro Médio	b1	0,30553	-
3 Diâmetro Precoce	a2	10,9037	-
4 Diâmetro Precoce	b2	0,31243	-
5 Diâmetro Agregado	a	-	10,666
6 Diâmetro Agregado	b	-	0,30898
7 SQ res. Diâmetro	-	36,5495	42,5315
8 GL res. Diâmetro	-	56	58
9 p-valor Diâmetro	-	-	0,01435

**Tabela 2.** Razão da Verossimilhança entre as equações dos genótipos de ciclo precoce e médio para a característica Nó. Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, 2017.

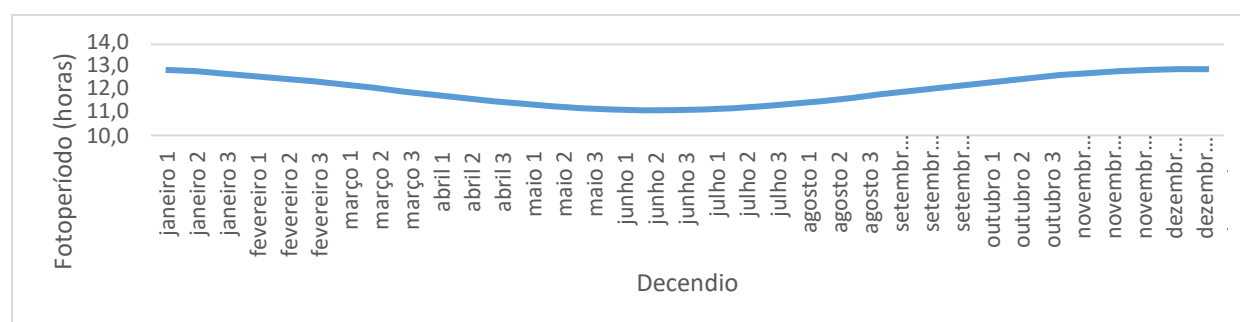
Modelos	Parâmetros	Modelo Completo Nós	Modelo Reduzido Nós
1 Nó Médio	a1	7,1011	-
2 Nó Médio	b1	0,3197	-
3 Nó Precoce	a2	7,2914	-
4 Nó Precoce	b2	0,33319	-
5 Nó Agregado	A	-	7,1963
6 Nó Agregado	B	-	0,32645
7 SQ res. Nó	-	38,8600	42,9661
8 GL res. Nó	-	56	58
9 p-valor Nó	-	-	0,06006

**Tabela 3.** Razão da Verossimilhança entre as equações dos genótipos de ciclo precoce e médio para a característica Altura. Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, 2017.

Modelos	Parâmetros	Modelo Completo Altura	Modelo Reduzido Altura
1 Altura Médio	a1	56,8726	-
2 Altura Médio	b1	1,0364	-
3 Altura Precoce	a2	60,3671	-
4 Altura Precoce	b2	1,0825	-
5 Altura Agregado	A	-	58,6198
6 Altura Agregado	B	-	1,0595
7 SQ res. Altura	-	319,4723	629,0259
8 GL res. Altura	-	56	58
9 p-valor Altura	-	-	0

Com o aumento da duração do dia é observado maior de crescimento de plantas em diversas regiões cafeeiras, sendo que as maiores taxas são verificadas na época em que o fotoperíodo é mais longo, enquanto as taxas menores, ocorrem nos dias mais curtos (Mantovani

et al., 2001). A partir do mês de agosto (Figura 5) foi constatado aumento do fotoperíodo proporcionado uma maior taxa de crescimento dos genótipos avaliados, como observado por Mota (1997) e Silva et al. (2004). Do mesmo modo, Baliza et al. (2012) e Rodríguez-López et al. (2014) comprovaram que modificações sazonais causaram alterações no crescimento e desenvolvimento da planta, podendo promover melhor desempenho fotossintético, com implicações diretas na produtividade. Em complemento, Bote e Struik (2011) apuraram que a interceptação da radiação solar em plantas de café promove modificações morfológicas e possíveis adaptações fisiológicas.



**Figura 5.** Fotoperíodo (h) referente a latitude do campo experimental, Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, 2017.

Os genótipos selecionados estão listados na Tabela 4 segundo as maiores taxas de incremento (Tx. de incremento) de altura de plantas ao final das avaliações, desvio padrão e ciclo de maturação. As maiores taxas de incremento foram obtidas pelos genótipos 17 (93,5 cm), 161 (80,5 cm) e 121 (76 cm). São interessantes para o programa de melhoramento que se realizem as caracterizações dos genótipos, associando a outros caracteres como as produções anteriores a recepa (SANTIN, 2016) e produtividades após o manejo de poda (dados a serem obtidos), visando tomada de decisão e seleção dos mais adaptados às condições edafoclimáticas do local de avaliação.

**Tabela 4.** Genótipos de *C. canephora* selecionados com maior taxa de incremento de altura de planta ao final das avaliações. Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, 2017.

Genótipos	Avaliação Inicial (cm)	Ciclo	Avaliação Final (cm)	Taxa de incremento (cm)	DP	CV
1 CPAC 17	40,5	M	134,0	93,5	23,56	25,82
2 CPAC 161	67,0	P	147,5	80,5	27,73	29,28
3 CPAC 121	54,0	P	130,0	76,0	20,35	21,06
4 CPAC 125	60,0	M	135,5	75,5	21,24	33,12
5 CPAC 213	55,5	M	131,0	75,5	25,38	29,61
6 CPAC 104	56,0	P	131,0	75,0	22,14	25,44

Continuação da Tabela 4...

7	CPAC 198	58,5	M	133,5	75,0	25,22	29,35
8	CPAC 90	56,5	M	131,0	74,5	18,49	19,46
9	CPAC 175	44,5	M	119,0	74,5	23,17	32,97
10	CPAC 204	56,0	M	129,5	73,5	24,15	29,48
11	CPAC 217	54,5	M	128,0	73,5	23,19	28,16
12	CPAC 233	66,5	M	140,0	73,5	24,14	24,92
13	CPAC 129	38,0	M	111,0	73,0	15,11	17,72
14	CPAC 130	64,5	M	137,5	73,0	22,64	25,54
15	CPAC 197	53,0	M	126,0	73,0	24,20	29,76
16	CPAC 136	55,5	M	127,5	72,0	23,73	30,95
17	CPAC 218	50,5	M	122,5	72,0	22,88	28,93
18	CPAC 179	46,0	M	117,0	71,0	22,23	30,59
19	CPAC 172	35,5	M	106,0	70,5	21,59	31,05
20	CPAC 41	53,0	M	123,0	70,0	22,60	28,09

Ao final das avaliações, utilizando apenas como dado descritivo, foram observados as taxas de mortalidade dos genótipos avaliados (Tabela 5) variando de 27,1 a 29,5%. Verificou-se uma maior taxa de mortalidade para os genótipos de ciclo precoce em relação aos de ciclo médio (Tabela 5), concordando com Matiello et al. (2007), que constataram um percentual de 10 a 44% de perdas de plantas por morte após recepa, e divergindo de Rena et al. (1998), em que ocorreram perdas de apenas 2% das plantas que morreram após serem recepados.

**Tabela 5.** Taxa de mortalidade de genótipos ciclo médio e precoce no Café conilon. Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, 2017.

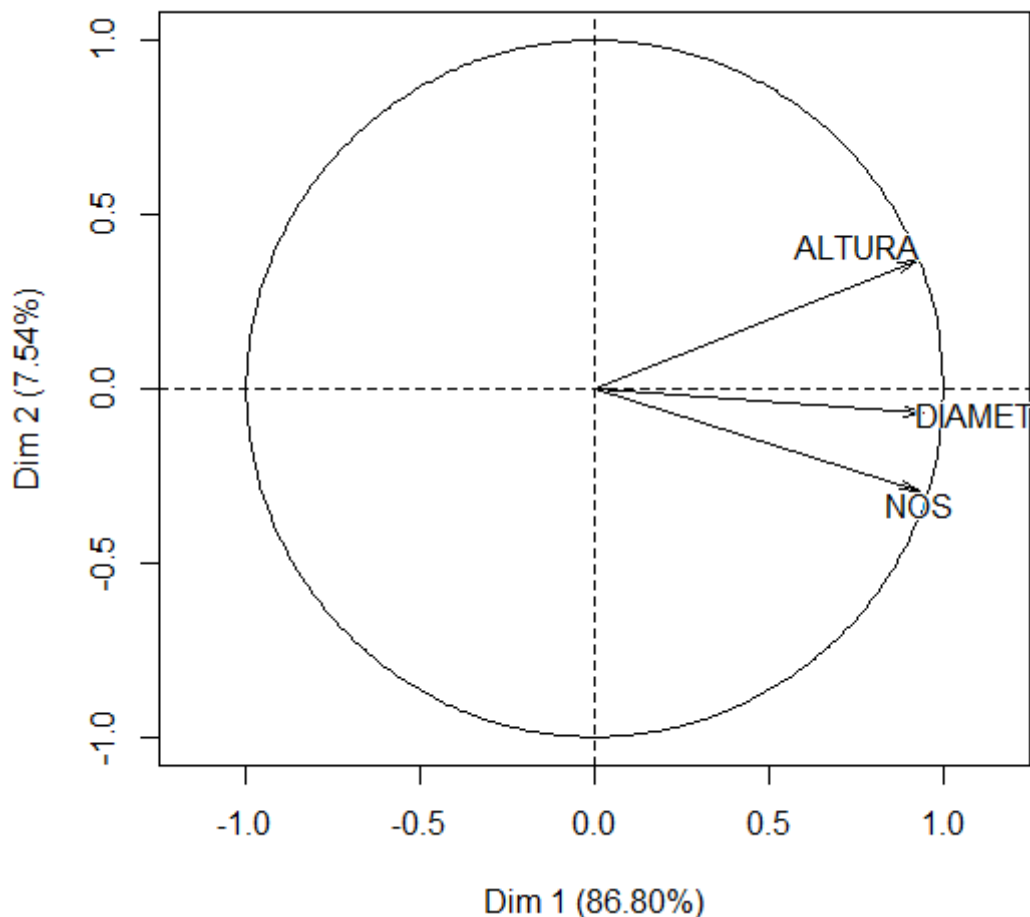
Ciclo	Ni	Nf	Mortas	Taxa Mortalidade
Ciclo médio	177	129	48	27,1%
Ciclo precoce	61	43	18	29,5%

Ni – número de genótipos no início das avaliações; Nf – número de genótipos ao final das avaliações.

Para identificação dos grupos encontrados na ACP, a fim de identificá-los conforme os seus comportamentos em relação às variáveis Altura, Diâmetro e Número de nós do ramo ortotrópico. Verificou-se que os grupos analisados são diferentes quanto aos caracteres avaliados evidenciando alta dissimilaridade entre eles.

Considerando o primeiro vetor, que explica 86,80% da variabilidade total, as variáveis de maior peso foram, a altura de plantas, diâmetro do ramo ortotrópico e número de nós do ramo. Os dois primeiros componentes principais explicaram 94,34% da variância total, resultado aceitável, visto que segundo Cruz e Regazzi (2001), variações totais acima de 80% obtidos nos

primeiros componentes possibilitam a análise de grupos de genótipos utilizando gráficos de dispersão. Este gráfico da separação dos genótipos utilizando os dois primeiros componentes principais está apresentado na Figura 6.

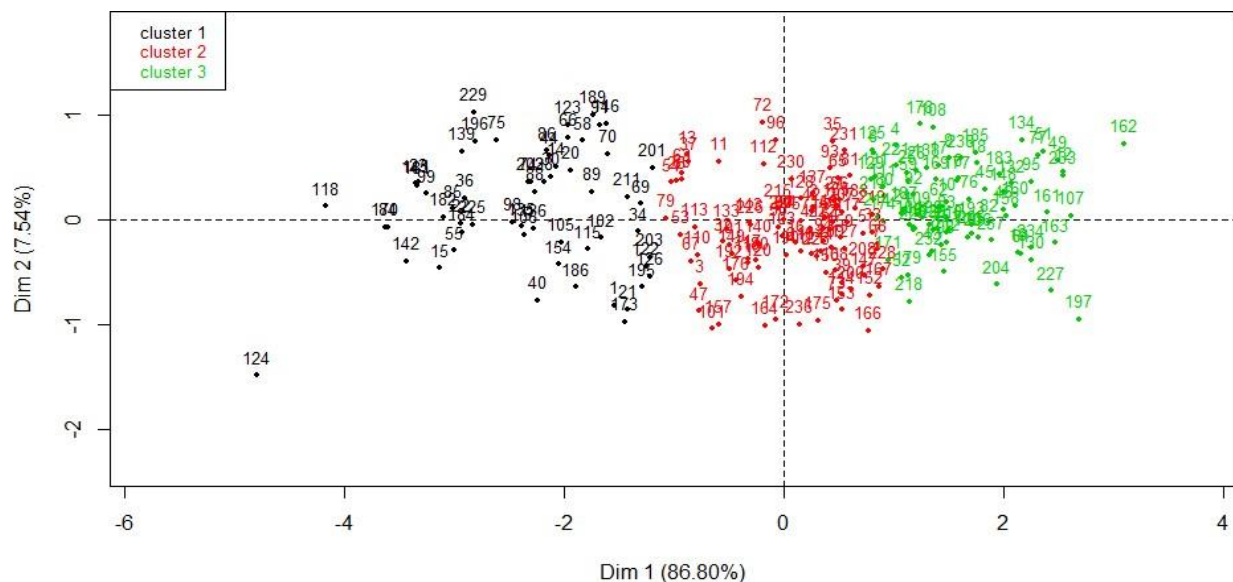


**Figura 6.** Análise de componentes principais de genótipos ciclo médio e precoce de café conilon. Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, 2017.

A análise de variabilidade genética dos caracteres morfoagronômicos, com base na distância generalizada de Mahalanobis, indicou que os genótipos CPAC 124 e CPAC 162 foram os mais dissimilares entre si (Figura 7). Essa amplitude obtida indica uma ampla variabilidade genética dos genótipos, condição essencial para futuros trabalhos de seleção e melhoramento genético. O posicionamento dos genótipos selecionados no gráfico de dispersão (Figura 7) evidenciaram as distâncias genéticas entre eles.

Com base nessas distâncias, os cruzamentos mais divergentes entre os genótipos selecionados pelas características quantitativas e qualitativas são compostos pelos genótipos CPAC 124 e CPAC 162. Estes cruzamentos permitem a combinação de características de

interesse entre os potenciais genitores, aumentando, dessa forma, as possibilidades de complementações gênicas.



**Figura 7.** Gráfico de dispersão bidimensional resultante dos valores dos dois primeiros componentes com uso de 238 genótipos de café conilon. Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, 2017.

## CONCLUSÕES

Há um comportamento linear de crescimento e desenvolvimento para as características altura do ramo ortotrópico, diâmetro do ramo ortotrópico e numero de nós.

Existe diversidade genética entre os 238 genótipos avaliados, possibilitando o uso de estratégias de seleção, visando identificar genótipos promissores dentro do programa de melhoramento genético de café conilon na Embrapa Cerrados.

Os genótipos CPAC 124 e CPAC 162 são os mais dissimilares entre si, indicando que o cruzamento entre eles pode proporcionar maior efeito heterótico e complementaridade sendo promissores para incremento da variabilidade genética.

## REFERÊNCIAS

- ALÈGRE, C. Climats et caféiers d'arabie. **Agronomie Tropicale**, v.14, p. 23-58, 1959
- AMARAL, J. A. T.; LOPES, J. C.; AMARAL, J. F. T.; SARAIVA, S. H.; JESUS, W. C. J. Crescimento vegetativo e produtividade de cafeeiros conilon propagados por estacas em tubetes. **Ciência Agrotecnológica**, v. 31, p. 1624-1629, 2007.
- BALIZA, D. P; CUNHA, R. L.; CASTRO, E. M.; BARBOSA, J. P. R. A. D.; PIRES, M. F.; GOMES, R. A. Trocas gasosas e características estruturais adaptativas de cafeeiros cultivados em diferentes níveis de radiação. **Coffee Science**, v. 7, n. 3, p. 250-258, 2012.
- BOTE, A. D. E.; STRUIK, P. C. Effects of shade on growth, production and quality of coffee (*Coffea arabica*) in Ethiopia. **Journal of Horticulture and Forestry**, v. 3, n. 11, p. 336-341, 2011.
- CARVALHO, H. P.; MELO B.; RABELO P. G.; SILVA C. R.; CAMARGO R. Índices bioclimáticos para a cultura de café. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 6, p. 601-606, 2011.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Conab). **Acompanhamento da safra brasileira de café, safra 2017, quarta estimativa**. 2017. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Genótipo em: 14 maio, 2018.
- CUNHA, A. R.; VOLPE, C. A. Curvas de crescimento do fruto de cafeeiro cv. Obatã IAC 1669-20 em diferentes alinhamentos de plantio. **Ciências Agrárias**, v.32, n.1, p.49-62, 2011.
- DHALIWAL, T. S. Correlations between yield morphological characters in Puerto Rican and Columbian varieties of *Coffea arabica* L. **Journal of the Agricultural University of Porto Rico**. Puerto Rico v. 52, p.29-37, 1968.
- 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. **Biometria aplicada ao melhoramento genético do café conilon**. Viçosa, MG: DFT/UFV, 2004. 256f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, 2004.

FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A. da; FERRÃO, M. A. G.; MUNER, L. H. de; VERDIM FILHO, A. C.; VOLPI, P. S.; MARQUES, E. M. G.; ZUCATELI, F. **Café conilon: técnicas de produção com variedades melhoradas**. Vitória, Incaper v. 2 p. 60, 2004.

FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; VERDIM FILHO, A. C.; VOLPI, P.S. **Origem, dispersão geográfica, taxonomia e diversidade genética de *Coffea canephora***. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; DE MUNER, L. H.. Ed. *Café conilon*. Vitória, Incaper, 2007. 702 p.

MANTOVANI, E. C.; TEIXEIRA M. B., FERREIRA, P. de A.; BATISTA, R. O.; Crescimento de cafeeiros em casa de vegetação. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória-ES. **Anais...** Brasília: Embrapa/Café, p.15-16, 2001.

MATIELLO, J. B. **Café conilon: como plantar, tratar, colher, preparar e vender**. Rio de Janeiro: MM Produções Gráficas, 1998. 162 p.

MATIELLO, J. B.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R. Abordagem sobre a bienalidade de produção em plantas de café. **Revista de tecnologia cafeeira**, v. 4, n. 11 p. 11, 2007.

MARTINS, M. Q. Protective response mechanisms to heat stress in interaction with High [CO<sub>2</sub>] Conditions in *Coffea spp*. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, p. 946-968, 2016.

MOTA, J. W. S.; DA MATA, F. M.; BARROS, R. S.; MAESTRI, M. Vegetative growth in *Coffea arabica* L. as affected by irrigation, daylength and fruiting. **Tropical Ecology**, v.38, p.73-79, 1997.

NEVES, C.; A história do café. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro do Café, 1974. 52 p.

PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; RODRIGUES, A. P. D.; PAIS, I.; CAMPOSTRINI, E., CHAVES, M. M. C. C.; RAMALHO, J. C. Cold induced changes on sugar contents and respiratory enzyme activities in coffee genotypes. **Ciência Rural**, v. 40, n. 4, p. 781-786, 2010.

PARTELLI, F. L.; BATISTA-SANTOS, P.; SCOTTI-CAMPOS, P.; PAIS, I. P.; QUARTIN, V. L.; VIEIRA, H. D.; RAMALHO, J. C. Characterization of the main lipid components of chloroplast membranes and cold induced changes in *Coffea spp*. **Environmental and Experimental Botany**, v. 74, n. 1, p. 194-204, 2011.

PARTELLI, F. L.; OLIVEIRA, M. G.; SILVA, M. B. da. Café conilon: qualidade, adubação e irrigação. In: BONOMO, R.; REIS, E. F. Irrigação do conilon: **manejo de irrigação**. v. 4, p. 53-72, 2013

PARTELLI, F. L. Dry matter and macronutrient accumulation in fruits of conilon coffee with different ripening cycles. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 38, n. 1, p. 214-222, 2014.

PEZZOPANE, J. R. M.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; THOMAZIELLO, R. A.; CAMARGO, M. B. P. Escala para avaliação de estádios fenológicos do cafeeiro arábica. **Bragantia**, v. 62, n. 3, p. 499-505, 2003.

**R**: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: **R** Foundation for Statistical Computing; 2014.

RAMALHO, J. C.; QUARTIN, V. L.; LEITÃO, E.; CAMPOS, P. S.; CARELLI, M. L. C.; FAHL, J. I.; NUNES, M. A. Cold acclimation ability and photosynthesis among species of the tropical *Coffea* genus. **Plant Biology**, v. 5. p. 631-641, 2003.

REGAZZI, A. J. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não linear. **Revista Ceres**, v. 50, n. 287, p. 9-26, 2003.

RENA, A. L.; NACIF, A. P.; GUIMARÃES, P. T. G.; PEREIRA, A. A. Poda do cafeeiro: aspectos morfológicos, ecofisiológicos e agronômicos. **Informe Agropecuário**, v.19, n.193, p.71- 80, 1998.

ROCHA, O. C.; GUERRA, A. F.; SILVA, F. A. M.; MACHADO JÚNIOR, J. R. R.; ARAÚJO, M. C. DE; SILVA, H. C. Programa para monitoramento de irrigação do cafeeiro no cerrado. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006.

RODRIGUES, W. P. Long-term elevated air [CO<sub>2</sub>] strengthens photosynthetic functioning and mitigates the impact of supra-optimal temperatures in tropical *Coffea arabica* and *C. canephora* species. **Global Change Biology**, v. 22, n. 1, p. 415-431, 2016.

RODRÍGUEZ-LÓPEZ N. F.; MARTINS S. C. V.; CAVATTE P. C.; SILVA P. E. M.; MORAIS L. E.; PEREIRA L. F.; REIS J. V.; ÁVILA R. T.; GODOY A. G.; LAVINSKI A. O.; DAMATTA F. M. Morphological and physiological acclimations of coffee seedlings to growth over a range



of fixed or changing light supplies. **Environmental and Experimental Botany**. v. 102, p. 1-10, 2014.

RONCHI, C. P.; DAMATTA, F. M. Aspectos fisiológicos do café conilon. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; DE MUNER, L. H. (Eds). *Café conilon*. Vitória: Incaper, 2007. 702p.

SANTIN, M. R. **Caracterização agrônômica do café conilon irrigado no Distrito Federal**. Brasília. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2016. p. 74 Tese de Doutorado.

SERA, G. H.; SERA, T.; PEREIRA, C. T. M.; CARDUCCI, F. C.; MARIUCCI JÚNIOR, V.; COSTA, K. C.; ANDREAZI, E.; CARVALHO, F. G.; ROCHA, L. M.; MACHADO, P.; SHIGUEOKA, L. H.; BROCCO, L. A. F. Identificação de progênies de café arábica portadoras de genes de *Coffea racemosa* com ciclo de maturação de frutos precoce. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 9, 2015, Curitiba. **Resumos Expandidos...** Brasília: Embrapa Café, 2015.

SETTE, D. M. Os climas do cerrado do Centro-oeste. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n. 1, 2005.

SILVA, E. A.; DAMATTA, F. M.; DUCATTI, C.; REGAZZI, A. J.; BARROS, R. S. Seasonal changes in vegetative growth and photosynthesis of Arabica coffee trees. **Field Crops Research**, v. 89, p. 349-357, 2004.

SNOECK, J.; De REFFYE. Influence des engrais sur l'architecture et la croissance du café'ier robusta. **Café Cacao Thé**, v. 24, p. 259-266, 1980.

TAUNAY, A. de E. História do café no Brasil: no Brasil Imperial 1822-1872. Rio de Janeiro,

## **CAPÍTULO II**

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS ASSOCIADAS À QUALIDADE DE BEBIDA DE  
CAFÉ CONILON SOB IRRIGAÇÃO NO CERRADO DO PLANALTO CENTRAL**

**CHEMICAL CHARACTERISTICS ASSOCIATED WITH THE QUALITY OF  
CONILON COFFEE DRINK UNDER IRRIGATION CERRADO OF PLANALTO  
CENTRAL**

# CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS ASSOCIADAS À QUALIDADE DE BEBIDA DE CAFÉ CONILON SOB IRRIGAÇÃO NO CERRADO DO PLANALTO CENTRAL

## RESUMO

Os grãos de café produzidos no Cerrado são caracterizados por sua alta qualidade, devido, principalmente, às condições climáticas favoráveis no período da colheita, quando a umidade do ar fica extremamente baixa, evitando riscos de fermentação dos frutos. O café conilon tem se tornado uma boa opção de cultivo no Cerrado, por apresentar boa produção em áreas de alta altitude e suportar temperaturas amenas à noite durante o período da maturação. Foi objeto desse estudo caracterizar os parâmetros genéticos e fenotípicos associados aos componentes químicos de qualidade de uma coleção de 27 genótipos de café conilon recepado, irrigado no Cerrado do Planalto Central. O experimento foi realizado no Laboratório de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Embrapa Cerrados, utilizando grãos crus de genótipos da coleção da unidade, colhidos na safra de 2017. Foram realizadas análises de açúcares totais, cafeína, proteína, sólidos solúveis, extrato etéreo, perfil de ácidos orgânicos e clorogênico. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância conjunta e foram estimados os parâmetros genéticos. Foi realizada a análise de componentes principais (ACP) a fim de agrupar os genótipos, utilizando método Ward a partir da ACP. Observou-se diferenças significativas entre os genótipos para maioria das características químicas avaliadas, exceto ácido acético. Baixos valores de coeficiente de variação ambiental foram observados para a maioria das características, exceto ácido málico, indicando boa precisão experimental. A herdabilidade, coeficientes de variação genéticos e acurácia seletiva revelaram a possibilidade de obtenção de ganhos genéticos em trabalhos de seleção. Os genótipos CPAC 58 e CPAC 27, CPAC 33 e CPAC 37, CPAC 48 e CPAC 171 são os mais dissimilares entre si, indicando que o cruzamento entre eles pode proporcionar maior efeito heterótico e complementaridade sendo promissores para incremento da variabilidade genética.

**Palavras-chave:** *Coffea canephora* Pierre ex Froehner, seleção de genótipos e qualidade química.

# CHEMICAL CHARACTERISTICS ASSOCIATED WITH THE QUALITY OF CONILON COFFEE DRINK UNDER IRRIGATION CERRADO OF PLANALTO CENTRAL

## ABSTRACT

The coffee beans produced in the Cerrado are characterized by their high quality, due mainly to the favorable climatic conditions in the harvest period, when the humidity of the air becomes extremely low, avoiding risks of fermentation of the fruits. Conilon coffee has become a good option for crop cultivation in the Cerrado because it has good production in high altitude areas and tolerates mild temperatures at night during the maturation period. The objective of this study was to characterize the genetic and phenotypic parameters associated to the quality chemical components of a collection of 27 conilon coffee genotypes, irrigated in the Cerrado of the Planalto Central. The experiment was carried out at the Embrapa Cerrados Food Science and Technology Laboratory, using raw grains of the unit collection genotypes, harvested in the 2017 harvest. Analyzes of total sugars, caffeine, protein, soluble solids, ethereal extract, profile of organic and chlorogenic acids. The obtained data were submitted to analysis of joint variance and the genetic parameters were estimated. Principal component analysis (PCA) was carried out to group the genotypes using the Ward method from the ACP. Significant differences were observed between genotypes for most of the chemical characteristics evaluated, except acetic acid. Low coefficient of environmental variation values were observed for most of the characteristics except malic acid, indicating good experimental accuracy. Heritability, genetic variation coefficients and selective accuracy revealed the possibility of obtaining genetic gains in selection work. The genotypes CPAC 58 and CPAC 27, CPAC 33 and CPAC 37, CPAC 48 and CPAC 171 are the most dissimilar among them, indicating that the cross between them can provide greater heterotrophic effect and complementarity being promising for increased genetic variability.

**Key words:** *Coffea canephora* Pierre ex Froehner, selection of genotypes and chemical quality.

## INTRODUÇÃO

Dentro da espécie *Coffea canephora* Pierre ex Froehner existe a variedade botânica conilon. Seu cultivo vem surgindo como uma nova opção para os produtores de café na região do Cerrado. A principal forma de consumo, dos seus grãos, é na forma de café solúvel, por ser uma bebida neutra, e usado em torrefações por possuir maior concentração de sólidos solúveis, resultando num maior rendimento. No entanto, a busca pela qualidade de bebida tem sido uma nova realidade na cafeicultura do café conilon.

O café é um produto cujo valor tende a crescer com o aumento da qualidade, principalmente pela qualidade de bebida, logo, produtos de maior qualidade terão melhores preços e aceitação pelo produto. Fatores genéticos (espécies, variedades, linhagens), ecológicos (diferentes condições ambientais onde é cultivado) e processamento (colheita, preparo, secagem e armazenamento) compõem a química dos grãos e afeta diretamente a qualidade do café (MENDONÇA et al., 2005; TEIXEIRA; TEIXEIRA, 2001). Desta forma, busca-se por genótipos de cafés conilon com melhor qualidade de bebida no intuito de auxiliar a seleção de materiais promissores para programas de melhoramento genético.

A qualidade do café tem sido avaliada, tradicionalmente, por meio de critérios que envolvem a determinação do seu tipo (relativo ao número de defeitos em amostras de 300g), percentual de grãos brocados e pela peneira (tamanho de grãos) (MATIELLO, 1998). Contudo, sua qualidade também está relacionada a diversos constituintes físicos e químicos, que são responsáveis pela aparência do grão processado, gosto e aroma característicos das bebidas. Dentre esses componentes destacam-se compostos voláteis, fenólicos (ácido clorogênico), ácidos graxos, proteínas, açúcares, acidez, índice de coloração, degradação de parede celular dos grãos com consequentes alterações em seus constituintes e algumas enzimas que conferem ao café gosto e aroma característico (PIMENTA, 2008).

Com base nos componentes químicos de qualidade, o objetivo desse estudo foi caracterizar os parâmetros genéticos e fenotípicos de 27 genótipos de café conilon após recepa irrigado no Cerrado do Planalto Central.

Durante o processo de secagem do café podem ocorrer diferentes tipos de fermentação enzimática ou microbiana. Essas reações enzimáticas estão relacionadas a transformações químicas que conduzem a uma bebida de qualidade inferior, bem como, desenvolvimento de micro-organismos pode acarretar em fermentações e podridões, alterando a acidez, gosto, aroma, cor dos grãos e, conseqüentemente, a qualidade da bebida.

Durante o processo de torra, diversos compostos aromáticos e de gosto do café processado são produzidos pela decomposição da proteína e do ácido clorogênico. Os óleos tem importante papel na retenção do aroma, formando uma camada protetora no grão e assim evitando eventuais perdas de odor durante o processo.

A quantificação da variabilidade genética e a estimação de parâmetros são fundamentais para que se possa conhecer a estrutura genética de uma população. O estudo de correlações entre diferentes características de interesse também assume grande importância, principalmente quando, ao efetuar-se a seleção de um caráter, ocorrem modificações em outras características relacionadas a ele (RAMALHO et al., 1979).

O conhecimento dos coeficientes de correlação é um requisito básico, quando se objetiva quantificar a magnitude e direção das influências de uma determinada característica sobre outra ou quando se pretende melhorar várias características simultaneamente (CRUZ e REGAZZI, 1997). Apesar da grande importância das correlações, a quantificação e a interpretação dos coeficientes é tão importante quanto, por poderem resultar em equívocos na estratégia de seleção, dado que uma alta correlação entre dois caracteres pode ser resultado do efeito indireto de um terceiro grupo de caracteres (CARVALHO e LORENCETTI, 2004).

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Embrapa Cerrados, localizada em Planaltina–DF.

Foram objetos deste estudo 30 genótipos de *Coffea canephora* oriundos de cruzamentos naturais dentro de um campo experimental de linhagens da variedade Robusta Tropical (EMCAPER 8151), da Empresa Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural – EMCAPER (FERRÃO et al., 2000), da coleção da Embrapa Cerrados, implantados em 2009. O ensaio foi realizado em sistema de irrigação sob pivô sendo que o manejo de irrigação se fundamentou no Programa de Monitoramento de Irrigação do Cerrado (ROCHA et al., 2008). Para uniformização da florada adotou-se a seguinte estratégia de irrigação: suspensão em primeiro de julho e retorno quando, no mínimo, 80 das gemas florais atingiam 80% do estágio E4, em 4 de setembro de 2016.

Na implantação do experimento foram adicionados 120 g de superfosfato triplo, 50 g de termofosfato magnésiano (Yoorin®) e 24,5 g de *fritted trace elements* (FTE BR 12) por cova. A calagem foi de duas toneladas por hectare de calcário dolomítico, com o objetivo de elevar a saturação de bases para 50%, sendo metade da dose aplicada antes da aração e a segunda metade, antes da gradagem, e também foi feita a aplicação de duas toneladas por hectare de gesso agrícola

60 dias após a calagem. A adubação anual consistiu de 450 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio na forma de ureia, 450 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na forma de cloreto de potássio, aplicados em quatro parcelas iguais em setembro, dezembro, fevereiro e março, 300 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> usando como fonte o superfosfato simples, sendo dois terços aplicados em setembro e o restante em dezembro. A cada dois anos, foram adicionados mais 100 kg ha<sup>-1</sup> de FTE BR 12. No primeiro ano foi aplicada apenas a metade da dose anual.

Foram realizados os seguintes passos antes de se iniciar as análises químicas:

1. Colheita: Os frutos foram colhidos manualmente entre julho e agosto de 2017 de forma seletiva. Coletou-se aproximadamente um litro de frutos, no estado cereja, de cada planta.

2. Processamento por via seca: O processo consistiu em secar o fruto em sua composição integral (casca, pergaminho, mucilagem e grão). A secagem foi feita imediatamente após a colheita dos frutos, em terreiro convencional de concreto por aproximadamente 15 dias, tempo necessário para obter umidade, de aproximadamente 11%, ideal para seu armazenamento e sendo revolvido diariamente para uma secagem mais uniforme. Em seguida os frutos secos foram levados individualmente para um descascador de amostras modelo PA-AMO/300 da marca Palini & Alves, onde foram separados a casca e o pergaminho dos grãos, para que as análises fossem efetivadas.

Na determinação dos açúcares totais foi adotado o método Antrona. no qual foram moídos os grãos de café das vinte e sete genótipos com granulometria padronizada em peneira de 20 mesh. O pó obtido foi seco em estufa a 40 °C até obter peso constante depois armazenados em embalagens opacas. Amostras de 150 mg do pó foram pesadas em triplicata em tubos falcon de 50 mL. Para a extração foram adicionados 70 mL de etanol 70% m/v ao pó de café e repousando por 24 horas. Após o repouso as amostras foram filtradas e o resíduo lavado com 20 mL de etanol 70%, avolumou-se com etanol 70% v/v até completar 100 mL. Utilizou-se 500 µL do extrato, uma alíquota de 500 µL de etanol 70% v/v e 2 mL do reagente Antrona. As amostras foram colocadas em banho maria a 95 °C por 8 minutos, em seguida resfriadas em água gelada. Ao final as amostras foram analisadas com a utilização de espectrofotômetro modelo UV-1800 da marca SHIMADZU sendo a absorbância medida a 620 nm.

Os ácidos carboxílicos das amostras de café foram extraídos e isolados segundo a metodologia descrita em Figueiredo (2013) com adaptações. Foram pesados 0,1000 g de café e adicionados em cinco mL de água ultrapura a 80 °C, agitados vigorosamente e a mistura foi aquecida a 80 °C por 30 min. Após o resfriamento do extrato em banho de gelo, o volume com água em balão volumétrico de 25 mL foi completado e 2 mL foram filtrados em filtro com membrana 20 µL e passado para vials. As extrações foram realizadas em triplicata.

Os ácidos foram identificados e quantificados por cromatografia líquida de alta resolução (CLAE), utilizando o equipamento HPLC Shimadzu (Shimadzu Cooperation Analytical & Measuring Instruments Division Kyoto, Japan) composto por detector UV (modelo SPD-10A), bomba (modelo LC-20AT), injetor automático (Modelo SIL-10A), forno (modelo CTO-10AS) e software LC Solution (Shimadzu). Uma coluna do tipo C30, em fase reversa foi utilizada, com a separação dos ácidos diretamente ligada à diferença de polaridade entre os compostos da amostra. Compostos mais polares saíram primeiro da coluna, e compostos menos polares tiveram maior interação com a fase estacionária (recheio de sílica da coluna), ficando assim retidos na coluna por mais tempo. A fase móvel para as análises na C30 foi solução de H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 0,043%. A faixa de comprimento de onda na faixa UV foi 212 nm, o fluxo de 0,7 mL min<sup>-1</sup>, a temperatura do forno de 26 °C, o volume de injeção de 20 µL e o tempo total de corrida de 20 min. Os resultados foram expressos em % em matéria seca (LIMA et al., 2010). Os padrões utilizados foram ácidos oxálico, quínico, málico, acético, cítrico da marca Sigma Aldrich. As curvas padrão para a determinação do perfil de ácidos orgânicos no *Coffea canephora* foram construídas a partir de sete diluições que variaram de 50 a 250 ppm, a fim de abranger as inúmeras concentrações dos ácidos presentes nas amostras.

O ácido clorogênico (ácido 5-cafeoilquínico) foi extraído segundo metodologia descrita por Torres (2014) com adaptações. Foram pesados 0,1000 g de café e adicionados em cinco mL de solução de metanol 70% v/v preparada com água ultrapura. A mistura foi agitada vigorosamente, aquecida a 60 °C por 60 minutos e novamente agitados a cada 10 minutos. Após resfriar o extrato em banho de gelo, a mistura foi centrifugada por 10 minutos a 12.000 rpm, o volume do sobrenadante retirado e colocado em um balão volumétrico de 25 mL, o qual teve seu volume completado com água ultrapura. Foram filtrados 2,0 mL em filtro com membrana 20 µL e passado para vials. As extrações foram realizadas em triplicata e passado para os vials para serem lidos.

O composto foi identificado e quantificado por CLAE, utilizando o equipamento HPLC Shimadzu (Shimadzu Cooperation Analytical & Measuring Instruments Division Kyoto, Japan) composto por detector UV (modelo SPD-10A), bomba (modelo LC-20AT), injetor automático (Modelo SIL-10A), forno (modelo CTO-10AS) e software LC Solution (Shimadzu). Uma coluna do tipo Octadecil Silano, ou simplesmente C18 (250mm x 5 µm x 4,6 mm), em fase reversa foi utilizada. A fase móvel foi composta por 15% de metanol puro e 85% de solução de H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 0,043%. A faixa de comprimento de onda na faixa UV foi de 324 nm. O fluxo da fase móvel foi de 0,7 mL min<sup>-1</sup>, a temperatura do forno de 26 °C, o volume de injeção de 20 µL e o tempo total de corrida de 25 min. Os resultados foram expressos em % em matéria seca (LIMA et al., 2010).



O ácido clorogênico (ácido 5-cafeoilquínico) (Sigma Aldrich, St. Louis, MI, EUA) foi utilizado como padrão e suas curvas construídas com sete diluições que variaram de 50 a 1.000 ppm, a fim de abranger as inúmeras concentrações deste ácido presente nas amostras.

A determinação da proteína total, extrato etéreo, cafeína e sólidos solúveis das amostras foram realizadas por meio da espectroscopia do infravermelho próximo (NIR). Método simples, rápido e não destrutivo, baseado no princípio de emissão de radiação eletromagnética que por meio de combinações matemáticas, são estabelecidas correlações entre os espectros e os resultados das análises, sendo possível a predição do teor do composto em questão em qualquer amostra do mesmo produto (SIESLER, 2002; SALMAN, 2010).

Os espectros foram coletados por espectrofotômetro da marca FOSS. As amostras foram analisadas por reflectância na faixa espectral compreendida entre 1.108 e 2.492,8 nm e os espectros obtidos de médias de três varreduras com o programa de espectroscopia ISIScan versão 2.85 (Infrasoft International LLC, State College, PA, USA). Os valores destes constituintes foram preditos para os 27 genótipos avaliados, baseado em Brige (2016). Utilizou-se o teste T de Student ao nível de 5% de significância para comparar a série de dados com o valor arbitrário, com auxílio do programa estatístico SAS versão 9.2.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância com auxílio do programa Genes (CRUZ, 2007). Para a análise de variância, de cada caracter, foi considerado modelo estatístico:  $Y_{ij} = \mu + G_i + B_j + \varepsilon_{ij}$ , onde:  $Y_{ij}$  = valor observado relativo da característica da i-ésimo genótipo no j-ésimo bloco;  $\mu$  = média geral;  $G_i$  = efeito da i-ésimo genótipo ( $i = 1, 2, \dots, g$ );  $B_j$  = efeito do j-ésimo bloco ( $j = 1, 2, \dots, r$ );  $\varepsilon_{ij}$  = erro aleatório (fatores não controlados),  $\varepsilon_{ij} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$ . Na Tabela 1, encontra-se o esquema da análise de variância desse modelo.

**Tabela 1.** Esquema da análise de variância do modelo em Blocos Completos Casualizados.

FV	GL	QM	E (Q.M.)	F
Blocos	r - 1	QMb	$\sigma^2 + g\sigma_b^2$	
Genótipos	g - 1	QMg	$\sigma^2 + r\sigma_g^2$	QMg/QMe
Erro	(r - 1) (g - 1)	QMe	$\sigma^2$	

Foram obtidas as estimativas das variâncias fenotípica ao nível de média ( $\sigma_f^2$ ), genotípica entre os genótipos ( $\sigma_g^2$ ) e da ambiental média ( $\sigma_e^2$ ), herdabilidade ao nível de média ( $h^2$ ), os coeficientes de variação experimental ( $CV_e$ ) e genético ( $CV_g$ ), o coeficiente de correlação relativa

( $CV_r$ ) e a acurácia seletiva ( $r_{g^g}$ ), para cada uma das características analisadas, utilizando-se programa Genes (CRUZ, 2007), em que:

$$\text{Variância fenotípica entre as médias dos tratamentos} - \hat{\sigma}_f^2 = \frac{QMg}{r}$$

$$\text{Variância ambiental} - \hat{\sigma}_e^2 = \frac{QMe}{r}$$

$$\text{Variância genotípica} - \hat{\sigma}_g^2 = \frac{QMg - QMe}{r}$$

$$\text{Herdabilidade ao nível de média} - h_a^2(\%) = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{QMg} 100$$

$$\text{Coeficiente de variação experimental} - CV_e(\%) = \frac{100\sqrt{QMe}}{m_c}, \text{ onde } m_c = \text{média do caráter.}$$

$$\text{Coeficiente de variação genético} - CV_g = \frac{100\sqrt{\hat{\sigma}_g^2}}{m_c}, \text{ onde } m_c = \text{média do caráter.}$$

$$\text{Coeficiente de variação relativo} - CV_r = \sqrt{\frac{\hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}^2}}$$

$$\text{Acurácia seletiva} - r_{g^g} = \sqrt{1 - 1/F}$$

Utilizando as estimativas das variâncias e covariâncias fenotípicas, genotípicas e de ambiente entre os caracteres dois a dois, foram determinadas as correlações fenotípicas, genotípicas e de ambiente, conforme Kempthorne (1966), com o auxílio do programa Genes (CRUZ, 2007), por meio das seguintes equações:

$$\text{Coeficiente de correlação genotípica} - r_g = \frac{C\hat{v}_g(X, Y)}{\sqrt{\hat{\sigma}_g^2(X) \cdot \hat{\sigma}_g^2(Y)}}$$

$$\text{Coeficiente de correlação fenotípica} - r_f = \frac{C\hat{v}_f(X, Y)}{\sqrt{\hat{\sigma}_f^2(X) \cdot \hat{\sigma}_f^2(Y)}}$$

$$\text{Coeficiente de correlação ambiental} - r_a = \frac{C\hat{v}_a(X, Y)}{\sqrt{\hat{\sigma}_a^2(X) \cdot \hat{\sigma}_a^2(Y)}}$$

em que:

$C\hat{v}_g(X, Y)$ ,  $C\hat{v}_f(X, Y)$  e  $C\hat{v}_a(X, Y)$  = Estimadores da covariância genotípica, fenotípica e ambiental, respectivamente, entre dois caracteres X e Y;

$\hat{\sigma}_g^2(X)$ ,  $\hat{\sigma}_f^2(X)$  e  $\hat{\sigma}_a^2(X)$  = Estimadores da variância genotípica, fenotípica e ambiental,

respectivamente, do caráter  $X$ ;

$\hat{\sigma}_g^2(Y)$ ,  $\hat{\sigma}_f^2(Y)$  e  $\hat{\sigma}_a^2(Y)$  = Estimadores da variância genotípica, fenotípica e ambiental,

respectivamente, do caráter  $Y$ .

A verificação da variabilidade genética foi feita pela ACP com os dados padronizados bem como a distância de dissimilaridade e o agrupamento pelo método Ward. Todas estatísticas foram realizadas utilizando o programa computacional livre R versão 3.3.0 (2013).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O perfil dos 27 genótipos avaliados podem ser observado na tabela 2 segundo os caracteres avaliados.

**Tabela 2.** Perfil de ácidos carboxílicos da coleção de 27 genótipos de café conilon irrigado recepados. Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, 2017.

CPAC	Ác. Oxálico	Ác. Quínico	Ác. Málico	Ác. Acético	Ác. Cítrico	Ác. Clorogênico	Áçúcares Totais	Cafeína	EE	Brix
CPAC 6	1,896	1,168	0,111	40,857	1,238	2,704	9,211	2,143	4,409	8,974
CPAC 13	1,891	1,140	0,035	43,117	1,305	3,504	9,090	3,028	4,642	32,653
CPAC 16	1,858	1,185	0,063	35,663	1,176	4,251	9,590	2,626	4,8	32,788
CPAC 27	1,953	1,117	0,064	55,964	1,445	4,644	7,739	1,879	3,891	10,09
CPAC 28	1,908	1,156	0,051	38,783	1,338	4,388	8,237	3,101	5,709	32,376
CPAC 33	1,853	1,220	0,161	47,605	1,547	3,101	7,180	3,057	5,433	36,603
CPAC 37	2,078	1,081	0,063	51,711	1,300	3,692	3,185	3,145	5,448	29,826
CPAC 48	1,931	1,138	0,055	36,567	1,309	2,471	7,662	3,218	5,068	27,988
CPAC 49	1,909	1,170	0,149	49,836	1,551	4,333	7,470	3,122	5,41	33,189
CPAC 58	1,847	1,145	0,110	43,660	1,312	4,166	5,284	3,597	4,986	31,334
CPAC 59	1,877	1,176	0,027	37,092	1,249	3,153	4,972	3,01	5,797	31,082
CPAC 60	1,851	1,172	0,088	38,804	0,953	2,728	8,490	2,958	5,019	30,62
CPAC 69	1,829	1,142	0,081	36,248	1,289	3,235	7,494	2,991	5,257	29,374
CPAC 70	2,008	1,074	0,099	46,506	1,336	3,860	8,456	2,12	4,375	8,421
CPAC 93	1,855	1,137	0,032	44,811	1,186	3,910	8,799	3,069	5,399	31,612
CPAC 100	2,055	1,128	0,001	49,165	1,130	3,481	9,046	3,144	4,256	26,515
CPAC 134	1,859	1,044	0,044	38,160	1,294	2,994	4,907	2,969	5,777	31,397
CPAC 162	1,948	1,135	0,056	47,669	1,165	4,886	5,180	3,265	5,369	30,889
CPAC 171	1,898	1,149	0,031	44,702	1,012	5,318	7,588	2,339	4,212	11,382
CPAC 178	1,863	1,100	0,024	45,028	1,211	2,864	6,950	3,351	5,762	28,789
CPAC 193	1,883	1,147	0,062	40,577	1,292	3,774	9,862	3,075	5,408	27,873
CPAC 194	1,865	1,118	0,056	42,857	1,222	3,337	9,513	2,686	4,859	31,307
CPAC 196	1,911	1,087	0,031	45,707	0,766	2,669	4,907	3,224	5,646	31,622
CPAC 203	1,920	1,169	0,023	47,663	1,166	4,926	4,337	3,012	5,874	29,539
CPAC 206	1,875	1,218	0,055	39,679	1,294	3,752	5,173	3,189	5,383	32,104
CPAC 228	1,797	1,102	0,016	44,952	1,130	3,376	7,489	3,111	5,814	33,685
CPAC 231	1,838	1,112	0,062	32,586	1,462	3,695	9,182	2,932	5,569	29,015

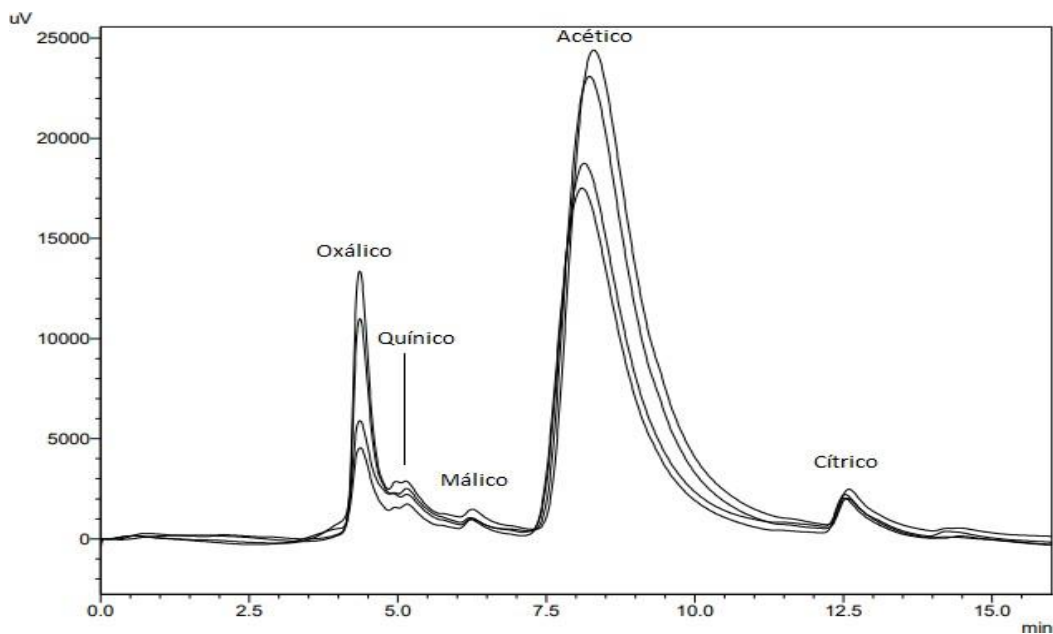
Foi demonstrado um comparativo de qualidade química de grãos verde de cafés conilon e o arábica dos caracteres analisados.

Foram encontrados valores superiores quando comparados com o café arábica em quase todos os caracteres avaliados, exceto para os caracteres ácido clorogênico e extrato etéreo. Altos valores de ácido cítrico, málico e açúcares são desejados no café, no entanto não se deseja grandes concentrações de ácido quínico e cafeína por serem responsáveis pelo amargor do café. Não foi possível realizar um quadro comparativo entre cafés conilon por não possuir referências bibliográficas de trabalhos semelhantes ao trabalho realizado (Tabela 3).

**Tabela 3.** Teores de ácidos carboxílicos, açúcares total, cafeína, Extrato Etéreo e Brix da coleção de 27 genótipos de café conilon irrigado recepados comparados com café arábica. Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, 2017.

	Conilon (%)	Arábica (%)	Referência
Ácido Oxálico	1,898	0,05	Jham (2002)
Ácido Quínico	1,138	0,70	Jham (2002)
Ácido Málico	0,059	0,47	Jham (2002)
Ácido Acético	43,184	0	Jham (2002)
Ácido Cítrico	1,247	1,06 - 1,25	Torres (2014)
Ácido Clorogênico	3,674	5,5 - 6,5	Moreira (2000)
Açúcares Totais	7,296	6,68 - 8,39	Torres (2014)
Cafeína	2,939	1,50	Monteiro e Trugo (2005)
Extrato Etéreo	5,169	13,16 - 16,95	Mendonça (2007)
Brix	27,817	23,8 - 27,3	Illy Viana (1995)

O cromatograma dos ácidos carboxílicos (Figura 1) apresentou os ácidos oxálico, quínico, málico, acético e cítrico. O ácido acético apresentou os maiores picos, mostrando que houve fermentação acética durante o processamento por via seca. Estes altos teores podem ser minimizados com cuidados de limpeza do terreiro de concreto, pequenas alturas de leira, revolvimento frequente para aeração e evitando a incidência de chuva direta nos grãos.



**Figura 1.** Cromatograma do perfil de ácidos carboxílicos da coleção de 27 genótipos de café conilon irrigado recepados. Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, 2017.

Os resultados da análise de variância e as estimativas dos parâmetros genéticos são apresentados na Tabela 4. Verificou-se que existem diferenças entre os genótipos, sendo estes efeitos de elevada magnitude, com base na análise estatística, ao nível de 1% de significância ( $p < 0,01$ ) para a maioria dos ácidos e açúcares totais, indicando a presença de variabilidade genética, exceto para o ácido acético, o que mostra que este ácido não está relacionado aos genótipos, mas ao processamento.

O valor de F também pode ser utilizado como indicador do grau de precisão experimental (CARGNELUTTI-FILHO; STORCK, 2007). Para Resende e Duarte (2007) o valor de F de ensaios de avaliação genotípica deve ser maior que 2,0. Os valores de F encontrados no trabalho, que variaram de 1,66 a 10,80, foram adequados e enquadrados na classe de precisão dada como alta a muito alta.

Essas verificações são indicativas da existência de variabilidade genética entre os genótipos, possibilitando o emprego de técnicas multivariadas na avaliação da divergência genética podendo inferir que estes genótipos apresentam fonte de variação genotípica para o programa de melhoramento genético do café conilon irrigado no Cerrado do Planalto Central.

As estimativas de herdabilidade foram superiores a 70% para cinco dos oito caracteres avaliados. A menor estimativa da herdabilidade foi obtida pelo caráter ácido acético, sendo de 39,94%. Esta estimativa, apesar de ser bem inferior às demais, não decorre de origem genética.

Os caracteres açúcares totais, cafeína e ácidos cítrico, clorogênico, málico, quínico, tiveram estimativas de herdabilidade altas: 73,56%, 79,58%, 65,80%, 69,00%, 73,79%, 75,92%, respectivamente. Estas altas estimativas de herdabilidade possibilitam maior eficiência no processo de seleção.

Com relação aos coeficientes de variação ambiental ( $CV_e$ ), que possibilitam avaliar a precisão do experimento, as estimativas variaram de 1,4% a 37,04%, sendo que, de acordo com o critério de classificação de Gomes (1985), houve, três caracteres com  $CV_e$  baixo, quatro com  $CV_e$  médio e um com  $CV_e$  muito alto (ácido málico). Os demais caracteres segundo os valores de  $CV_e$  variaram em 1,4% para ácido oxálico a 10,3% para o ácido cítrico, considerado valores baixos segundo critério classificação de Pimentel (1990), indicando alta precisão experimental. O maior coeficiente de variação observado foi o ácido málico com um  $CV_e$  classificado como muito alto.

Foi observado um  $CV_e$  maior que um  $CV_g$  para o ácido acético esse fato se deve a problemas no processamento pos colheita.

**Tabela 4.** Valores das estimativas das variâncias genotípica ( $\hat{\sigma}_g^2$ ), fenotípica a nível de média ( $\hat{\sigma}_f^2$ ) e ambiental ( $\hat{\sigma}^2$ ), da herdabilidade ao nível de média ( $h^2$ ), dos coeficientes de variação experimental ( $CV_e$ ), genético ( $CV_g$ ) e F obtidos da análise de variância das características açúcares totais, ácido clorogênico, ácido oxálico, ácido quínico, ácido málico, ácido acético e ácido cítrico, avaliadas em grãos crus de 27 genótipos de café conilon, cultivar Robusta Tropical, sob irrigação no Cerrado. Planaltina, Distrito Federal, 2017.

FV	G.L.	Valores de F							
		AÇÚCARES TOTAIS	CAFEÍNA	Ácidos					
				CLOGRÔGENICO	OXÁLICO	QUÍNICO	MÁLICO	ACÉTICO	CÍTRICO
<b>Genótipo</b>	32	3,7823**	4,8982**	3,2254**	10,8096**	4,1526**	3,8158**	1,6651	2,9239**
<b>Resíduo</b>	33								
$\sigma_g^2$		0,124310	0,130237	0,013618	0,000139	0,000050	0,000036	0,461082	0,000638
$\sigma_f^2$		0,168989	0,163647	0,019737	0,000153	0,000066	0,000048	1,154340	0,000970
$\sigma_e^2$		0,446790	0,033409	0,006119	0,000014	0,000016	0,000013	0,693258	0,000332
$h^2$ (%)		73,56	79,58	69,00	90,75	75,92	73,79	39,94	65,80
$CV_e$ (%)		6,3761	12,2824	15,0410	1,4067	2,4809	37,1724	13,5904	10,3352
$CV_g$ (%)		7,5206	17,1475	15,8667	3,1155	3,1148	44,1051	7,8376	10,1368
$CV_r$ (%)		1,1795	1,3961	1,0549	2,2147	1,2555	1,1865	0,5767	0,9808
$\hat{r}_{gg}$		0,8577	0,8921	0,8306	0,9526	0,8713	0,8590	0,6320	0,8112

\*\*Significativo a 1% de probabilidade

Foram calculadas estimativas de correlações entre as variáveis respostas relacionadas às características químicas de qualidade do café. A ACP (Análise de Componentes Principais)

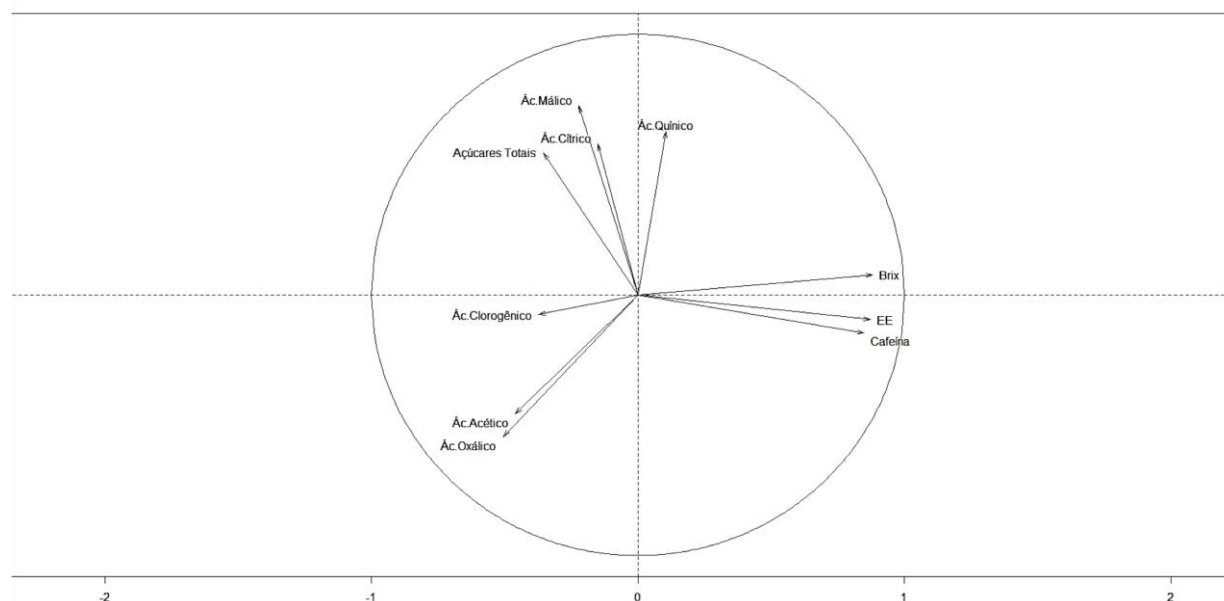
realizada para as características avaliadas revelou que a variabilidade existente entre os genótipos é explicada, em 77,89%, pelos quatro primeiros CP. As variáveis que mais estão correlacionadas com o CP1 (30,71%) são os sólidos solúveis, expresso em Brix, o extrato etéreo (EE) e a cafeína, com o CP2 (20,98%) os ácidos oxálico, málico, quínico e cítrico e açúcares totais, com o CP3 (16,31%) o ácido acético e o ácido clorogênico está correlacionado com o CP4 (9,89%) (Tabela 5).

Existem razões para acreditar que qualquer CP é significativo se este explica certa porcentagem da variação total no conjunto de dados, o que ocorre para o quarto componente (KAISER, 1960; IEZZONI; PRITTS, 1991), que ao incluí-lo na análise acumulou 77,89% da variância total, como se pode observar na (Tabela 5).

**Tabela 5.** Estimativas dos autovalores ( $\lambda_j$ ) correspondentes às percentagens de variação explicadas pelos componentes principais e respectivos autovetores (AV) e correlação (Cor) das variáveis ácido oxálico, ácido quínico, ácido málico, ácido acético, ácido cítrico, ácido clorogênico, açúcares totais, cafeína, extrato etéreo e sólidos solúveis avaliadas de 27 genótipos de café conilon, cv. Robusta Tropical, sob irrigação no Cerrado. Planaltina, Distrito Federal, 2017.

		CP1	CP2	CP3	CP4
Autovalores	$\lambda_j$	3,07	2,10	1,63	0,99
	$\lambda_j$ (%)	30,71	51,70	68,00	77,89
Ácido Oxálico	$\Delta v$	-0,2885	-0,3753	0,2639	-0,1968
	Cor	-0,5056	<b>-0,5437</b>	0,3371	-0,1957
Ácido Quínico	$\Delta v$	0,0605	0,4329	0,1779	0,5514
	Cor	0,1060	<b>0,6271</b>	0,2272	0,5484
Ácido Málico	$\Delta v$	-0,1260	0,5005	0,3534	-0,2692
	Cor	-0,2208	<b>0,7250</b>	0,4513	-0,2677
Ácido Acético	$\Delta v$	-0,2628	-0,3148	0,4362	0,0076
	Cor	-0,4605	-0,4560	<b>0,5571</b>	0,0076
Ácido Cítrico	$\Delta v$	-0,0863	0,4003	0,4383	-0,4015
	Cor	-0,1513	<b>0,5799</b>	0,5597	-0,3993
Ácido Clorogênico	$\Delta v$	-0,2127	-0,0522	0,3678	0,6426
	Cor	-0,3728	-0,0756	0,4697	<b>0,6391</b>
Açúcares Totais	$\Delta v$	-0,2024	0,3765	-0,4037	0,0266
	Cor	-0,3548	<b>0,5454</b>	-0,5155	0,0264
Cafeína	$\Delta v$	0,4842	-0,1015	0,2057	-0,0051
	Cor	<b>0,8486</b>	-0,1471	0,2627	-0,0051
Extrato Etéreo	$\Delta v$	0,4973	-0,0649	0,1516	-0,0813
	Cor	<b>0,8714</b>	-0,0940	0,1936	-0,0808
Sólidos Solúveis	$\Delta v$	0,5027	0,0537	0,1669	0,0562
	Cor	<b>0,8810</b>	0,0778	0,2131	0,0559

A Figura 2 foi elaborada com a finalidade de identificar os autovetores das variáveis em relação aos dois primeiros componentes, no qual os menores ângulos dos autovetores em relação aos eixos indicam com qual CP a característica está mais correlacionada.



**Figura 2.** Disposição espacial dos autovetores de acordo com os dois primeiros componentes principais obtidos a partir das características ácido oxálico, ácido quínico, ácido málico, ácido acético, ácido cítrico, ácido clorogênico, açúcares totais, cafeína, extrato etéreo (EE) e sólidos solúveis (Brix) de 27 genótipos de café conilon, cultivar Robusta Tropical, sob irrigação no Cerrado. Planaltina, Distrito Federal, 2017.

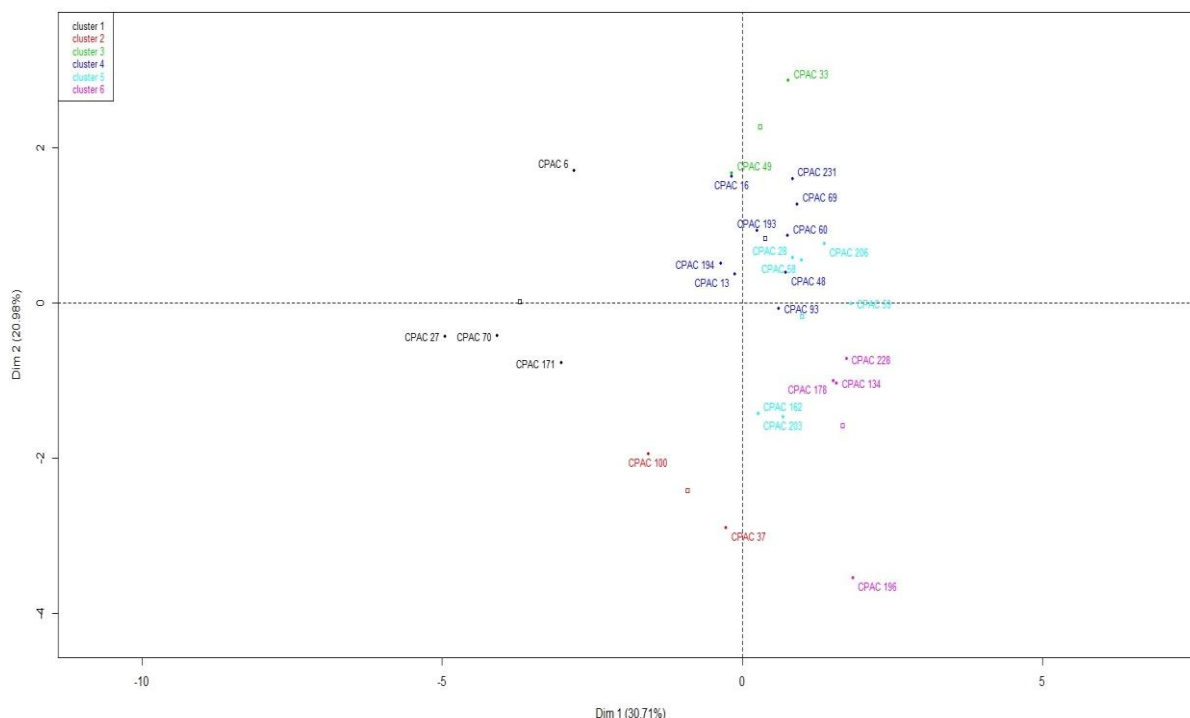
Para avaliar a significância de um componente principal deve-se verificar seu autovalor. Sendo o autovalor desse componente maior que 1,0, então o componente associado tem inerentemente mais informações do que teria uma única variável isolada. Todos os componentes principais com um autovalor maior que 1,0 estão sujeitos à interpretação (KAISER, 1960; IEZZONI; PRITTS, 1991).

Os CPs foram estimados de modo a dispor os genótipos num gráfico de dispersão bidimensional, por meio de seus escores, em relação aos eixos representativos dos dois primeiros CP (Figura 3).

O posicionamento dos genótipos selecionados no gráfico de dispersão (Figura 3) evidenciaram as distâncias genéticas entre eles. Com base nestas distâncias os cruzamentos mais divergentes entre os selecionados pelas características qualitativas são compostos pelos genótipos CPAC 53 e CPAC 27, CPAC 33 e CPAC 37, CPAC 49 e CPAC 171, que agregam as variáveis que mais contribuem para a variabilidade do CP1, CP2 e CP4, respectivamente. Os genótipos apresentaram os seguintes valores: CPAC 53 teve altos valores em brix, extrato etéreo e cafeína, CPAC 27 obteve baixos valores nas mesmas características. O CPAC 171 apresentou-se alto para



o ácido clorogênico, o CPAC 48 foi baixo. O CPAC 33 e o CPAC 49 demonstraram altos valores de ácido quínico, no entanto, CPAC 37 demonstrou-se baixo nesta mesma característica. O ácido acético, variável que mais contribuiu para a variabilidade do CP3, não é uma característica intrínseca ao genótipo e sim devido ao processamento, os genótipos mais divergentes nesta característica não foram selecionados.



**Figura 3.** Dispersão de 27 genótipos de *Coffea canephora*, cv. Robusta Tropical, sob irrigação no Cerrado em relação ao primeiro (CP1) e ao segundo (CP2) componente principal, obtidos com base em análises de grãos crus de dez variáveis (ácidos oxálico, quínico, málico, acético, cítrico e clorogênico, açúcares totais, cafeína, extrato etéreo (EE) e sólidos solúveis. Planaltina, Distrito Federal, 2017.

Estes cruzamentos permitem a combinação de características de interesse e a maximização das distâncias genéticas entre os potenciais genitores, aumentando, dessa forma, as possibilidades de complementações gênicas de interesse.

## CONCLUSÕES

Existe diversidade genética para as características de qualidade de grãos entre os 27 genótipos de café conilon. É possível utilizar estratégias de seleção, visando identificar genótipos promissores dentro do programa de melhoramento genético do café conilon na Embrapa Cerrados.

Altos valores de herdabilidade, coeficientes de variação genética e acurácia seletiva evidenciam condição favorável à seleção dos materiais para as características agrônômicas avaliadas.

A concentração de ácido acético está relacionada à fermentação ocorrida durante o processamento dos grãos de café não sendo uma característica inerente aos genótipos.

Os genótipos CPAC 53 e CPAC 27, CPAC 33 e CPAC 37, CPAC 49 e CPAC 171 são os mais dissimilares entre si, indicando que o cruzamento entre eles pode proporcionar maior efeito heterótico e complementaridade sendo promissores para incremento da variabilidade genética.

## REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, S. A. **Qualidade da bebida e atividade antioxidantes do café in vivo e in vitro.** Dissertação (Mestrado em Ciência dos alimentos- UFLA), 82p., Lavras, 2007.

AGUIAR, A.T.E. Atributos químicos de espécies de café. 2005. 87p. **Tese** (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CAMPA, C.; BLLESTER, J. F.; DOULBEAU, S.; DUSSERT, S.; HAMON, S.; NOIROT, M. Trigonelline and sucrose diversity in wild *Coffea* species. **Food Chemistry**, Washington, v. 88, p. 39-43, 2004.

CARVALHO, A.; MEDINA FILHO, H. P.; FAZUOLI, L. C.; GUERREIRO FILHO, O.; LIMA, M. M. A. Aspectos genéticos do cafeeiro. **Revista Brasileira de Genética**, v. 14, n. 1, p. 135-183, 1991.

CARVALHO, F. I. F.; LORENCETTI, C.; BENIN, G. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal.** Pelotas: UFPel, 2004. 142 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** 2. ed. Viçosa: UFV, 2001. 390 p.

CRUZ, C. D. **Programa Genes:** aplicativo computacional em genética e estatística. Versão Windows – 2007, Viçosa: UFV.

DART, S. K.; NURSTEN, H. E. Volatile componentes. In: MACRAE, P; CLARKE R. J. (Coffee chemistry. London: Elsevier Applied Science, 1985. v. 1.

DAVIS, A. P., GOVAERTS, R.; BRIDSON, D. M.; STOFFELEN, P. An annotated taxonomic conspectus of the genus *Coffea* (*Rubiaceae*). **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 152, n. 4, p. 465-512, 2006.

IEZZONI, A. F.; PRITTS, M. P. Applications of principal component analysis to horticultural research. **HortScience**, Alexandria, v. 26, n. 4, p. 334-338, 1991.

KAISER, H. F. The application of electronic computers to factor analysis. **Educational and Psychological Measurement**, 20, p. 141-151, 1960.

KITZBERGER, C. S. G.; SCHOLZ, M. B. dos S.; PEREIRA, L. F. P.; BENASSI, M. de T. Composição química de cafés árabica de cultivares tradicionais e modernas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 11, p. 1498-1506, 2013.

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. **Biometria aplicada ao melhoramento genético do café conilon**. Viçosa: DFT/UFV, 2004. 256f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, 2004.

FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; VERDIM FILHO, A. C.; VOLPI, P.S. Origem, dispersão geográfica, taxonomia e diversidade genética de *Coffea canephora*. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; DE MUNER, L. H.. Ed. *Café conilon*. Vitória: Incaper, 2007. 702p.

HWANG, C.F.; CHEN, C.C.; HO, C.T. **Contribution of coffee proteins to roasted coffee volatiles in a model system**, **International Journal of Food Science and Technology**. v. 47, n. 10, 2117-2126, 2012.

LEROY, T.; PERRIOT, J. J.; ESKES, A. B.; GUYOT, B; MONTAGNON, C. Qualités technologiques et organoleptiques de quelques clones de *Coffea canephora* em Cote d'Ivoire. In: 14TH International Scientific Colloquium on Coffee, ASIC, San Francisco: p.483-443, 1992.

LIMA, A.R.; PEREIRA, R. G. F. Al.; ABRAHÃO, S.A.; DUARTE, S. M.S.; PAULA, F. B. A. Compostos bioativos do café: atividade antioxidante *in vitro* do café verde e torrado antes e após a descafeinação. **Química Nova**, v. 33, n.1, 20-24, 2009.

LIMA, L. L. A., SCHULER, A., GUERRA, N. B., Otimização e validação de método para determinação de ácidos orgânicos em vinhos por cromatografia líquida de alta eficiência. **Química Nova**, v. 33, n. 5, p. 1186-1189, 2010.

FIGUEIREDO L. P. **Abordagem sensorial e química da expressão de genótipo de Bourbon em diferentes ambientes**. 2013. 127 p. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

FILGUEIRAS, W. H. **Modelagem da planta de café por elementos finitos para estudos de colheita por vibração**. 2001. 81 f. Dissertação (Mestrado em Mecanização Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2001.

FONSECA, A. F. A.; SEDIYAMA, T.; CRUZ, C. D.; SAKAIYAMA, N. S.; FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; BRAGANÇA, S. M. Divergência genética em café Conilon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 6, p. 599-605, 2006.

KASHIMA, T.; HONDA, A. I.; FAVA, J. F. M.; BASTOS, M. V.; SARTORI, S.. Colheita mecânica do café. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T.. **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFÓS, 1986. p. 409-418.

MATIELLO, J. B. Café conillon. Rio de Janeiro: MAPA, SDR: PROCAFÉ, PNFC, 1998,162 p.

MENDONÇA, L. M. V. L.; PEREIRA, R. G. F. A.; MENDES, A. N. G.; BORÉM, F. M.; MARQUES, E. R. Composição química de grãos crus de cultivares de *Coffea arabica* L. suscetíveis e resistentes à *Hemileia vastatrix* Berg et Br. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 2, p. 413-419, 2007 .

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

OLIVEIRA, E.; SILVA, F. M.; SALVADOR, N. Influência da vibração das hastes e da velocidade de deslocamento da colhedora no processo de colheita mecanizada do café. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 3, p. 714-721, 2007.

ORTEGA, A. C.; JESUS, C. M. Território café do Cerrado: transformações na estrutura produtiva e seus impactos sobre o pessoal ocupado. **Revista Economia Sociologia Rural**, v. 49, n. 3, p. 771-800, 2011.

PARTELLI, F. L.; BATISTA-SANTOS, P.; SCOTTI-CAMPOS, P.; PAIS, I. P.; QUARTIN, V. L.; VIEIRA, H. D.; RAMALHO, J. C. Characterization of the main lipid components of chloroplast membranes and cold induced changes in *Coffea* spp. **Environmental and Experimental Botany**, v. 74, n. 1, p. 194-204, 2011.

PIMENTA, C. J. Qualidade de café. Lavras: Ed. UFLA, 2003. 297p. PIRES, A. O Convênio de Taubaté e a Economia Cafeeira de Minas Gerais – 1906/1929. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 4, n. 3, p. 138-169, 2008.

PIMENTEL, GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 13.ed. Piracicaba: Nobel, 1990. 468p.

RONCHI, C. P.; DAMATTA, F. M. Aspectos fisiológicos do café conilon. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; DE MUNER, L. H. (Eds). *Café conilon*. Vitória, ES: Incaper, 2007. 702p.

SILVA, E. A.; DAMATTA, F. M.; DUCATTI, C.; REGAZZI, A. J.; BARROS, R. S. Seasonal changes in vegetative growth and photosynthesis of Arabica coffee trees. **Field Crops Research**, v.89, p.349-357, 2004.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic diversity. **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, v. 41, n. 2, p. 237-245, 1981.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistics a biometrical approach**. 2 ed. New York: McGraw-Hill Publishing, 1980. 633 p.

TORRES, L. M.; MENDES, J. F.; REZENDE, S. C. A. D.; PIMENTA, C. J.; NUNES, E. E. Ácidos clorogênicos, cafeína e trigonelina em diferentes padrões de bebida do café (*Coffea arabica* L.) provenientes de cooperativas do sul de Minas Gerais... In: XXI Congresso de Pós-graduação da UFLA, 2012, Lavras.

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