

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

ASPECTOS FÍSICO-QUÍMICOS DE GRÃOS: VARIABILIDADE ENTRE GENÓTIPOS DE CAFÉ ARÁBICA EM DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS

Tafarel Victor Colodetti¹, Wagner Nunes Rodrigues², Inês Viana de Souza¹,
Lucas Sartori¹, Daniel Soares Ferreira³, Marcelo Antonio Tomaz¹

¹Universidade Federal do Espírito Santo/Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Alto
Universitário, s/nº, Guararema - 29500-000 - Alegre-ES, Brasil, tafarecolodetti@hotmail.com,
ines.viana.18@gmail.com, lucasksartori@gmail.com, marcelo.tomaz@ufes.br.

²Centro Universitário Unifacig, Rua Darcy César de Oliveira Leite, 600, Alfa Sul - 36904-219 -
Manhuaçu-MG, Brasil, wagner.nunes@sempre.unifacig.edu.br.

³Universidade Federal de Viçosa/Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Av. Peter Henry Rolfs,
s/nº, Campus Universitário - 36570-900 - Viçosa-MG, Brasil, danielccaufes@gmail.com.

Resumo

Objetivou-se estudar a dissimilaridade entre seis genótipos de cafeeiro arábica em dois regimes hídricos distintos, baseada em cinco características físico-químicas de grãos de café. Dois ensaios foram conduzidos, irrigado e não irrigado. Cada ensaio seguiu delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos (genótipos de café arábica). Na segunda safra produtiva, foram coletadas amostras de café cereja, que foram secas e beneficiadas para quantificação da porcentagem de grãos moça, grãos chato, massa de 100 grãos, condutividade elétrica e teor de sólidos solúveis totais. Os dados foram utilizados para estimar as distâncias generalizadas de Mahalanobis como medidas de dissimilaridade. Tais medidas possibilitaram estudar agrupamentos entre os genótipos de café arábica, contribuindo para a verificação da variabilidade de comportamento. No regime hídrico irrigado, a condutividade elétrica e a massa de 100 grãos beneficiados se destacam por apresentar maiores contribuições relativas para a divergência entre os genótipos, enquanto no regime hídrico não irrigado, destaca-se a condutividade elétrica e a porcentagem de grãos chato.

Palavras-chave: *Coffea arabica*. Variabilidade genética. Manejo cultural. Qualidade do café.

Área do Conhecimento: Agronomia.

Introdução

A maior parte da produção de café é oriunda das espécies *Coffea arabica* Lineu (cafeeiro arábica) e *C. canephora* Pierre ex A. Froehner (cafeeiro conilon), sendo o Brasil o maior produtor mundial e com grande repercussão dessa atividade econômica do país. Atualmente, o café é considerado um dos mais valiosos produtos primários da economia global, sendo cultivado em aproximadamente 80 países, e ocupando mais de 11 milhões de hectares (CONAB, 2023).

Na agricultura, comumente se verifica a ocorrência de estresses abióticos e bióticos sobre as culturas, o que influencia negativamente a morfologia e metabolismo das plantas. Dentre esses estresses e no contexto da cafeicultura, as perdas causadas pelo déficit hídrico são uns dos principais desafios, visto que o fornecimento hídrico adequado é um fator limitante para o crescimento e desenvolvimento das plantas (CAVATTE *et al.*, 2011). Segundo Mantovani (2003), mesmo em regiões nas quais as condições hídricas se mostram favoráveis, ocorre um ganho de produtividade com a cafeicultura irrigada. Também há possibilidade de maiores eficiências na aplicação de insumos, floradas mais uniformes e reflexos positivos sobre a qualidade dos grãos.

No contexto da qualidade do café, sabe-se que a mesma está diretamente associada com as propriedades físico-químicas dos grãos. As características físicas são determinadas pela classificação por tipo, cor e peneira. Já as características químicas estão relacionadas com atributos sensoriais e com a composição dos grãos (PIMENTA, 2003). Estudos sobre as propriedades físico-químicas dos grãos de café podem contribuir para a melhoria de características relacionadas com a qualidade do produto (CARVALHO *et al.*, 1994).

No entanto, as expressões de características físico-químicas dos grãos, de aspectos biométricos das plantas, da capacidade produtiva, da qualidade sensorial da bebida, entre outros fatores, podem

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

ser grandemente influenciadas pelas condições ambientais de cultivo das plantas de café, sendo o resultado da interação do fator genotípico com os fatores ambientais. Estudos sobre a variabilidade de comportamentos entre genótipos de café arábica são ferramentas essenciais, pois visam identificar cultivares ou grupos de cultivares que apresentam respostas diferenciadas quando exploradas em regiões ou sistemas específicos de cultivo, como por exemplo o manejo hídrico diferencial ou sistemas de condução das plantas. A existência de diversidade pode embasar a execução de trabalhos voltados para a recomendação de cultivares, como também fornecer informações úteis aos programas de melhoramento genético (CRUZ, 1990).

Nesse sentido, o presente estudo foi executado com o objetivo de estudar a dissimilaridade entre seis genótipos de cafeeiro arábica em dois regimes hídricos distintos, baseada em cinco características físico-químicas de grãos de café.

Metodologia

O experimento foi conduzido em campo na localidade de Lagoa Seca, zona rural do município de Alegre-ES, numa altitude de 647 m. As plantas de café arábica (*Coffea arabica* L.) foram implantadas no espaçamento de 2,5 × 0,8 m, com parcelas experimentais compostas por seis plantas. Quando apresentaram seis anos de idade, foram submetidas à poda do tipo recepa baixa com o intuito de formar um novo dossel, onde as brotações provenientes dessa intervenção foram submetidas ao manejo da poda programada de ciclo para o café arábica (VERDIN FILHO *et al.*, 2016). Após a recepa, as brotações provenientes foram conduzidas de modo a manter três ramos ortotrópicos por planta. O experimento seguiu as tecnologias apropriadas ao manejo do cafeeiro arábica, sempre de acordo com a necessidade e com a atual recomendação para a cultura (PREZOTTI *et al.*, 2007; REIS; CUNHA, 2010). O clima no local do estudo (2011 a 2021) tem apresentado precipitação acumulada média anual de 1231 mm e temperatura média anual de 21,64 °C.

O experimento foi dividido em dois ensaios, irrigado e não irrigado, onde cada um desses ensaios foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos e três repetições. Os seis tratamentos corresponderam a diferentes genótipos de cafeeiro arábica, sendo eles: Paraíso MG/H419-1, Catucaí 24-137, Sacramento MG1, Catucaí 144, Catucaí 2-SL e Oeiras MG-6851.

No ensaio irrigado, a irrigação ocorreu todas as vezes em que a tensão de retenção de água no solo (medida por conjunto de três tensiômetros instalados a 30 cm de distância da base das plantas e a 25 cm de profundidade no solo) correspondeu àquela referente a 60-70% da água disponível (46 e 34 kPa, respectivamente), realizada por sistema de gotejamento autocompensante. Para o ensaio não irrigado, a disponibilização de água às plantas de café ocorreu apenas pelas precipitações naturais ocorridas durante o período experimental.

Na segunda safra produtiva após a recepa e implementação do manejo de poda programada de ciclo (safra de 2021), procedeu-se a colheita dos frutos quando os mesmos atingiram o ponto de maturação (mais de 80% dos frutos no estágio “cereja”). Em cada parcela experimental foi coletada uma amostra de 3 L de café cereja, conduzindo-a imediatamente para secagem em estufa de circulação forçada de ar a 45 °C ± 2 °C até atingir umidade de 11,5% b.u. Após a secagem dos frutos, retirou-se uma amostra de 300 g de café beneficiado para classificação por peneiras, baseando-se na forma dos grãos de café. Para isto, os grãos de café foram passados por um jogo de peneiras (PNAP, Pinhalense), de modo a quantificar a porcentagem de grãos moca (%) e de grãos chato (%), estabelecidos conforme instrução normativa vigente (BRASIL, 2003). Também foi avaliada a massa de 100 grãos beneficiados.

Para análise de condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$), amostras de 50 grãos uniformes de cada parcela foram pesadas e imersas em 75 mL de água deionizada e colocadas em estufa ventilada a 25 °C. Após o período de embebição de 5 horas, as soluções sem os grãos de café foram vertidas para outro recipiente, onde foi realizada a leitura (PRETE, 1992). Os sólidos solúveis totais foram determinados segundo a metodologia da AOAC (2005), utilizando-se refratômetro portátil com resultados expressos em °Brix. O extrato necessário foi preparado a partir de 1 g de amostra moída e diluída em 10 mL de água destilada e filtrado em papel filtro. O cálculo para a leitura corrigida foi feito multiplicando a leitura do refratômetro em °Brix por 10, pois o volume final foi 10 vezes maior que a massa inicial pesada.

Com as variáveis analisadas (% de grãos chato, % de grãos moca, massa de 100 grãos, teor de sólidos solúveis totais e condutividade elétrica) e submetendo os dados à análise de variância (5% de probabilidade), obteve-se a matriz de covariâncias residuais e a matriz de médias, necessárias para as

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

estimativas das distâncias generalizadas de Mahalanobis (D^2) como medida de dissimilaridade. Além disso, obteve-se a contribuição relativa de cada característica para a divergência genética entre os genótipos, estimada conforme critério proposto por Singh (1981). Posteriormente, procedeu-se a análise de agrupamento hierárquico pelo método de ligação média entre grupos (UPGMA) a fim de originar o dendograma, em que o ponto de corte foi obtido pelo método de Mojena (1977) para delimitar os grupos formados. A análise dos dados foi realizada utilizando o programa estatístico "GENES" (CRUZ, 2013).

Resultados

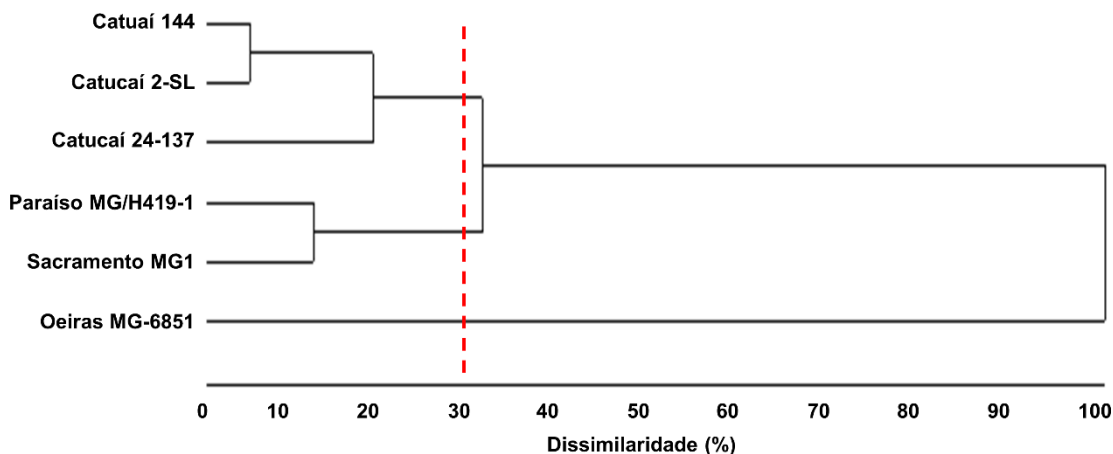
Ao analisar conjuntamente as variáveis físico-químicas: porcentagem de grãos chatos, porcentagem de grãos moca, massa de 100 grãos, teor de sólidos solúveis totais (SST) e condutividade elétrica (CE), por meio de análise multivariada em ambos os regimes hídricos (irrigado e não irrigado), foi possível estimar a distância generalizada de Mahalanobis como medida de dissimilaridade entre pares de genótipos. No regime irrigado, observou-se menor dissimilaridade entre os genótipos Catuaí 144 e Catuaí 2-SL ($D^2 = 7,05$), e maior entre o Sacramento MG1 e Oeiras MG-6851 ($D^2 = 229,42$). No regime não irrigado, novamente os genótipos Catuaí 144 e Catuaí 2-SL foram os menos dissimilares ($D^2 = 10,73$), e o Sacramento MG1 e Oeiras MG-6851 os mais dissimilares ($D^2 = 210,64$). Na Tabela 1 são demonstradas as contribuições relativas de cada caractere para a divergência genética.

Tabela 1 - Contribuição relativa de caracteres físico-químicos de grãos para a divergência genética entre os seis genótipos de cafeeiro arábica, no regime irrigado e no regime não irrigado, conduzidos com a poda programada de ciclo (Alegre-ES).

Regime Irrigado		Regime não Irrigado	
Variável	Contribuição (%)*	Variável	Contribuição (%)*
Grãos chatos (%)	14,58	Grãos chatos (%)	38,90
Grãos moca (%)	8,33	Grãos moca (%)	-
Massa de 100 grãos (g)	32,89	Massa de 100 grãos (g)	5,87
SST (°Brix)	0,80	SST (°Brix)	-
CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	43,40	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	55,23

*Estimadas pelo método de Singh (1981). SST: teor de sólidos solúveis totais dos grãos (°Brix); CE: condutividade elétrica dos grãos ($\mu\text{S cm}^{-1}$). **Fonte:** os autores.

Figura 1 - Dendograma obtido pela análise de agrupamento hierárquico (método UPGMA), com base em características físico-químicas de grãos de seis genótipos de cafeeiro arábica, conduzidos em regime irrigado e com a poda programada de ciclo, utilizando a matriz de dissimilaridade de Mahalanobis. Ponto de corte na distância de 30,59% obtido pelo método de Mojena (1977).



Fonte: os autores.

No regime irrigado, a ordem de contribuição das variáveis foi a seguinte: condutividade elétrica (43,40%) > massa de 100 grãos (32,89%) > porcentagem de grãos chatos (14,58%) > porcentagem de

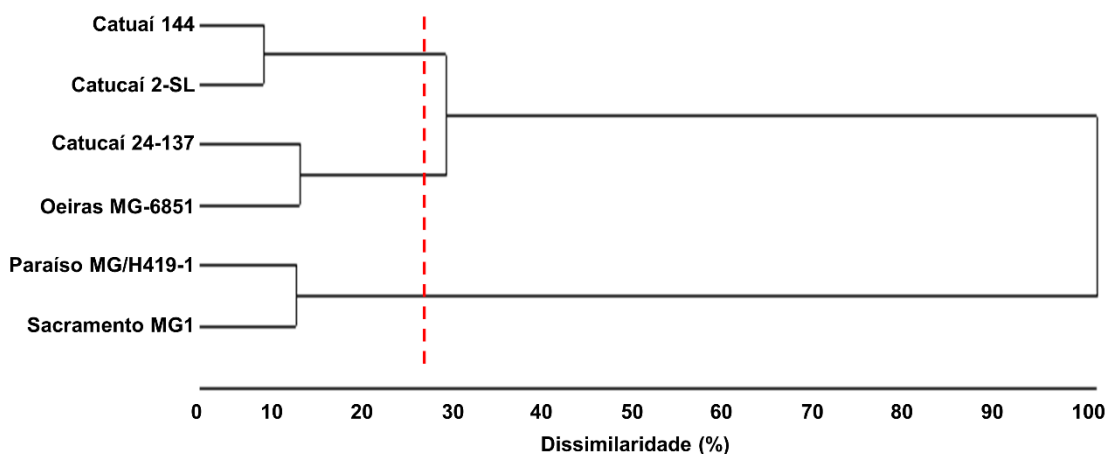
A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

grãos moca (8,33%) > teor de sólidos solúveis totais dos grãos (0,80%). No regime não irrigado, a ordem de contribuição foi: condutividade elétrica (55,23%) > porcentagem de grãos chato (38,90%) > massa de 100 grãos (5,87%). A porcentagem de grãos moca e o teor de sólidos solúveis totais dos grãos não apresentaram nenhuma contribuição (Tabela 1).

Pelo método de agrupamento hierárquico, e com a matriz de dissimilaridade de Mahalanobis para as características avaliadas, obteve-se os dendogramas para a visualização dos grupos formados em cada regime hídrico. Encontrou-se três grupos entre os genótipos no regime irrigado, tendo como ponto de corte para delimitação dos grupos na distância de 30,59%. O grupo I foi constituído pelos genótipos Catucaí 24-137, Catucaí 144 e Catucaí 2-SL, o grupo II foi formado pelo Paraíso MG/H419-1 e Sacramento MG1, enquanto o grupo III foi integrado apenas pelo Oeiras MG-6851 (Figura 1).

No regime não irrigado também foi obtido três grupos entre os genótipos, com ponto de corte para delimitação dos grupos na distância de 27,36%. O grupo I foi formado pelos genótipos Catucaí 144 e Catucaí 2-SL, o grupo II foi constituído pelo Catucaí 24-137 e Oeiras MG-6851, enquanto o Paraíso MG/H419-1 e o Sacramento MG1 formaram o grupo III (Figura 2).

Figura 2 - Dendograma obtido pela análise de agrupamento hierárquico (método UPGMA), com base em características físico-químicas de grãos de seis genótipos de café arábica, conduzidos em regime não irrigado e com a poda programada de ciclo, utilizando a matriz de dissimilaridade de Mahalanobis. Ponto de corte na distância de 27,36% obtido pelo método de Mojena (1977).



Fonte: os autores.

Discussão

É possível que o regime hídrico adotado (irrigado e não irrigado) possa atuar sobre a contribuição relativa que determinadas características dos grãos expressam sobre a divergência genética entre os genótipos, haja visto que a intensidade da contribuição das variáveis mudou conforme o regime hídrico utilizado. No entanto, nota-se que a condutividade elétrica se manteve como a principal característica para a divergência genética, independentemente do manejo hídrico (Tabela 1). Porém, vale ressaltar que no regime não irrigado, a condutividade elétrica e a porcentagem de grãos chato conjuntamente contribuíram com 94,13% para a divergência genética, enquanto no regime irrigado apenas 57,98% de contribuição. Tais resultados ajudam a respaldar o comportamento diferencial dos genótipos de café em diferentes condições de cultivo, bem como a existência de caracteres que melhor diferenciam os genótipos em cada condição, sendo essa uma abordagem importante para programas de melhoramento genótipos das espécies de café.

Ao analisar a composição dos grupos pelo agrupamento hierárquico, é possível notar o comportamento diferencial em função do regime hídrico adotado, sobretudo para os genótipos Catucaí 24-137 e Oeiras MG-6851, que estavam em grupos distintos no regime irrigado, e passaram a integrar o mesmo grupo no regime não irrigado. Além disso, é válido ressaltar o comportamento dos genótipos Catucaí 144 e Catucaí 2-SL ao permanecerem no mesmo grupo, independentemente do regime hídrico adotado. Esses genótipos também se apresentaram menos dissimilares quanto ao estudo do

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

comportamento produtivo e de crescimento vegetativo, participando do mesmo grupo para essas características (FERREIRA *et al.*, 2020).

Diversos autores destacam a possibilidade de respostas fenotípicas distintas para um mesmo genótipo de cafeeiro em função da variação de fatores ambientais (RODRIGUES *et al.*, 2014; 2016; SOBREIRA *et al.*, 2016, ZAIDAN *et al.*, 2017). No presente estudo, tem-se o regime hídrico como fator ambiental com grande probabilidade para condicionar tais respostas, uma vez que, mesmo ocorrendo níveis adequados de precipitações acumuladas anuais no local do estudo (média de 1.231 mm ano⁻¹), é comum a observação de inadequada distribuição desses índices pluviométricos ao longo do ciclo da cultura.

A existência de respostas diferentes entre os genótipos cultivados nas referidas condições do estudo e com base em caracteres físico-químicos dos grãos, fornece bases para trabalhos voltados à sua adaptação, de modo a identificar aqueles capazes de expressarem características de interesse na forma de vantagens agronômicas.

Conclusão

A dissimilaridade na expressão de características físico-químicas dos grãos possibilita estudar agrupamentos entre os genótipos de café arábica, contribuindo para a verificação da variabilidade de comportamento em função dos regimes hídricos.

No regime hídrico irrigado, a condutividade elétrica e a massa de 100 grãos beneficiados se destacam por apresentar maiores contribuições relativas para a divergência entre os genótipos, enquanto no regime hídrico não irrigado, destaca-se a condutividade elétrica e a porcentagem de grãos chato.

Referências

AOAC - Association of Official Analytical Chemistry. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 17.ed. Maryland: Gaithersburg, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n. 8:** Regulamento técnico de identidade e de qualidade para a classificação do café beneficiado e de café verde. Brasília: MAPA, 2003. 10p.

CARVALHO, V. D.; CHAGAS, S. J. R.; CHALFOUN, S. M.; BOTREL, N.; JUSTE JUNIOR, E. S. G. Relação entre a composição físico-química e química do grão beneficiado e qualidade de bebida do café. **Pesqui. Agropecu. Bras.**, v. 29, n. 3, p. 449-454, 1994.

CAVATTE, P. C.; MARTINS, S. C. V.; MORAIS, L. E.; SILVA, P. E. M.; SOUZA, L. T.; DaMATTA, F. M. A fisiologia dos estresses abióticos. In: FRITSCHÉ-NETO, R.; BOREM, A. (Ed.) **Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011. p. 39-79.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de café**. Brasília: CONAB, v. 10, n. 2, 2023. 44p.

CRUZ, C. D. **Aplicações de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1990. 188p.

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

FERREIRA, D. S.; RODRIGUES, W. N.; BRINATE, S. V. B.; MARTINS, L. D.; COLODETTI, T. V.; TOMAZ, M. A. Crescimento, produtividade e dissimilaridade entre cultivares de café arábica cultivadas na região do Caparaó capixaba. In: SEMINÁRIO CIENTÍFICO DO UNIFACIG, 6., 2020, Manhauçu-MG. **Anais [...]** Manhauçu-MG: Unifacig, v. 6, p. 1-8, 2020.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

MANTOVANI, E. C. Cafeicultura irrigada: produtividade, rentabilidade com sustentabilidade. *In*: MANTOVANI, E. C.; SOARES, A. R. **Irrigação do cafeeiro**: informações técnicas e coletânea de trabalhos. Viçosa: UFV, 2003. p. 9-45.

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

PIMENTA, C. J. **Qualidade de Café**. 1.ed. Lavras: UFLA, 2003.

PRETE, C. E. C. **Condutividade elétrica do exsudado de grãos de café (*Coffea arabica* L.) e sua relação com a qualidade da bebida**. 1992. 135f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1992.

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

REIS, P. R.; CUNHA, R. L. **Café arábica**: do plantio à colheita. Lavras: U.R. EPAMIG SM, 2010. 896p.

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

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

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **Indian J. Genet. Plant Breed.**, v. 41, p. 237-245, 1981.

SOBREIRA, F. M.; OLIVEIRA, A. C. B.; PEREIRA, A. A.; GONÇALVES, M. A.; SAKIYAMA, N. S. Divergence among arabica coffee genotypes for sensory quality. **Aust. J. Crop Sci.**, v. 10, n. 10, p. 1442-1448, 2016.

VERDIN FILHO, A.C.; VOLPI, P.S.; FERRÃO, M.A.G.; FERRÃO, R.G.; MAURI, A.L.; FONSECA, A.F.A.; TRISTÃO, F.A.; ANDRADE JÚNIOR, S. New management technology for arabica coffee: the cyclic pruning program for Arabica coffee. **Coffee Sci.**, v.11, p.475-483, 2016.

ZAIDAN, U. R.; CORRÊA, P. C.; FERREIRA, W. P. M.; CECON, P. R. Ambiente e Variedades influenciam a qualidade de cafés das Matas de Minas. **Coffee Sci.**, v. 12, n. 2, p. 240-247. 2017.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de desenvolvimento científico regional (processo 300971/2021-4) e à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) pelo auxílio financeiro do projeto (nº FAPES 535/2020) do primeiro autor. À Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) pelo fornecimento das instalações e equipamentos necessários. À Universidade Federal de Viçosa (UFV) pela parceria na execução experimental. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo Financiamento 001, concedido ao quinto autor. Ao cafeicultor José Augusto Demartini Landi e sua família pela concessão, manutenção e zelo com as áreas experimentais. À FAPES, CNPq e CAPES pela concessão de bolsas e auxílios financeiros.