

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

IMPLICAÇÕES DO MANEJO HÍDRICO NO CAFÉ ARÁBICA: ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS DE GRÃOS

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, tafarelcoldetti@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 as implicações de dois regimes hídricos nas estimativas de parâmetros genéticos para atributos físico-químicos de grãos de seis genótipos de cafeeiro arábica. Cada ensaio seguiu delineamento de blocos casualizados, com seis tratamentos. Na segunda safra produtiva, foram coletadas amostras de café cereja, que foram secas e beneficiadas para realização das análises físico-químicas. Notou-se expressiva variabilidade entre os genótipos para características físico-químicas dos grãos, sobretudo quando conduzidos com irrigação. No manejo irrigado, a variação genotípica sobressaiu a variação ambiental para todas as variáveis que apresentaram diferenciação significativa entre os genótipos, o que não ocorreu para o manejo não irrigado.

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

Área do Conhecimento: Agronomia.

Introdução

Diversos estudos têm demonstrado comportamentos diferenciais entre genótipos de cafeeiro arábica (*Coffea arabica* L.) para inúmeras características agrônômicas, sendo originadas, principalmente, por diferenças genotípicas. Ressalta-se o observado para aspectos vegetativos (RODRIGUES *et al.*, 2021), para parâmetros nutricionais (MOURA *et al.*, 2015), para a tolerância à seca (DaMATTA, 2004) e para a produção de grãos (COLODETTI *et al.*, 2021).

Tendo em vista a existência de comportamento diferencial entre genótipos de café, grandemente devido à variabilidade presente nas principais espécies cultivadas (*C. arabica* e *C. canephora*), é fundamental o conhecimento da dinâmica desse comportamento em ambientes distintos de cultivo. Com isso, é possível estudar a expressão das características fenotípicas dos materiais em cada condição, o que pode contribuir para a seleção dos genótipos mais adaptados e responsivos. No entanto, é preciso aprimorar o conhecimento sobre as implicações do manejo hídrico diferencial sobre os aspectos que englobam a cafeicultura, como por exemplo os efeitos sobre a qualidade físico-química dos grãos de diferentes genótipos.

As propriedades físico-químicas dos grãos estão diretamente associadas com a qualidade do café. Dentre as características físicas, cita-se a classificação por tipo, cor e peneira (PIMENTA, 2003), onde o tipo do café é determinado pela quantidade de defeitos nos grãos (BRASIL, 2003). Já as características químicas estão relacionadas com atributos sensoriais e com a composição do café. Variáveis químicas como o pH, sólidos solúveis, condutividade elétrica, entre outras, são comumente relacionadas com a qualidade (MALTA; CHAGAS, 2009). O pH pode indicar reações indesejadas que tenham ocorrido nos grãos (SIQUEIRA; ABREU, 2006). Os sólidos solúveis conferem corpo à bebida. A condutividade elétrica detecta a ocorrência de danos presentes no sistema de membranas dos grãos, influenciando diretamente a qualidade (PRETE, 1992). Com isso, o estudo das propriedades físico-químicas pode contribuir para a melhoria de características relacionadas com a qualidade do produto, sobretudo quando associado com a variabilidade existente nas espécies de café.

Nesse contexto, objetivou-se estudar as implicações de diferentes regimes hídricos nas estimativas

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

de parâmetros genéticos para atributos físico-químicos de grãos de seis genótipos de cafeeiro arábica.

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 experimento foi dividido em dois ensaios, irrigado e não irrigado, onde cada um desses ensaios foi conduzido em delineamento de blocos 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 e beneficiamento dos frutos, retirou-se uma amostra de 300 g de café beneficiado (grãos crus) para a classificação por peneiras, baseando-se na forma dos grãos de café, de modo a quantificar a porcentagem de grãos chato (%), de grãos moca (%) e de fundagem (%) (BRASIL, 2003). Também foi avaliada a massa de 100 grãos beneficiados, mensurada em gramas. Contabilizou-se também o número equivalente de defeitos (BRASIL, 2003), utilizando nas análises os defeitos do tipo grãos pretos, verdes, ardidos, brocados, conchas, mal granados e o total de defeitos.

Analisou-se também a condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$) dos grãos conforme metodologia apropriada (PRETE, 1992). Os sólidos solúveis totais foram determinados conforme a AOAC (2005), com resultados expressos em °Brix. A determinação do pH foi realizada em pHmetro digital, também de acordo com a AOAC (2005).

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância, por meio do teste F (5% de probabilidade), a fim de identificar a existência de diferenças entre os tratamentos com base no comportamento para cada variável. Os parâmetros genéticos foram estimados para cada sistema de cultivo (irrigado e não irrigado), utilizando o modelo individual: $Y_{ijk} = \mu + B_j + G_i + \epsilon_{ij}$, em que Y_{ijk} representa o valor fenotípico da ijk -ésima observação, B_j representa o efeito do j -ésimo bloco, G_i é o efeito fixo do i -ésimo genótipo e ϵ_{ij} é o erro aleatório relacionado à ij -ésima observação.

Os parâmetros genéticos foram estimados de acordo com a metodologia descrita por Cruz e Carneiro (2003), sendo eles: variância média fenotípica (σ_p^2), variância média ambiental (σ_e^2), componente quadrático da variabilidade genotípica ($\hat{\phi}_g$), coeficiente de variação genética (CV_g), índice de variação (CV_g/CV_e) e coeficiente de determinação genotípica (H^2). As análises foram realizadas por meio do software estatístico “GENES” (CRUZ, 2013).

Resultados

Foi possível observar diferenciação significativa entre os genótipos de cafeeiro arábica cultivados no regime irrigado, para a maioria das variáveis analisadas, tendo como base a significância dos QM_g ,

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

com exceção apenas para o pH, SST e VERD (Tabela 1).

Tabela 1 – Resumo da análise de variância e estimativas de parâmetros fenotípicos e genotípicos de 14 características físico-químicas dos grãos de seis genótipos de café arábica, cultivados em regime irrigado (647 m, Alegre-ES).

Parâmetro	Chato ⁽⁹⁾	Moca ⁽¹⁰⁾	Fundo ⁽¹¹⁾	M100 ⁽¹²⁾	pH ⁽¹³⁾
QM _g ⁽¹⁾	39,877**	33,646**	9,486**	1,950**	0,455 ^{ns}
Média geral	84,234	13,378	2,388	15,731	5,994
CV _e ⁽²⁾	2,027	12,258	33,466	2,172	11,970
$\hat{\sigma}_p^2$ ⁽³⁾	13,292	11,215	3,162	0,650	-
$\hat{\phi}_g$ ⁽⁴⁾	12,320	10,319	2,949	0,611	-
$\hat{\sigma}_e^2$ ⁽⁵⁾	0,972	0,896	0,213	0,039	-
H ² ⁽⁶⁾	92,687	92,011	93,264	94,000	-
CV _g ⁽⁷⁾	4,167	24,011	71,928	4,970	-
CV _g /CV _e ⁽⁸⁾	2,056	1,959	2,149	2,288	-
Parâmetro	SST ⁽¹⁴⁾	CE ⁽¹⁵⁾	PRET ⁽¹⁶⁾	VERD ⁽¹⁷⁾	ARD ⁽¹⁸⁾
QM _g ⁽¹⁾	39,656 ^{ns}	778175,156**	169,964**	72,254 ^{ns}	4206,022**
Média geral	20,611	1144,444	10,500	11,689	64,389
CV _e ⁽²⁾	21,674	15,200	48,155	75,236	12,903
$\hat{\sigma}_p^2$ ⁽³⁾	-	259391,719	56,655	-	1402,007
$\hat{\phi}_g$ ⁽⁴⁾	-	249304,933	48,133	-	1379,000
$\hat{\sigma}_e^2$ ⁽⁵⁾	-	10086,785	8,522	-	23,007
H ² ⁽⁶⁾	-	96,111	84,958	-	98,359
CV _g ⁽⁷⁾	-	43,628	66,074	-	57,673
CV _g /CV _e ⁽⁸⁾	-	2,870	1,372	-	4,470
Parâmetro	BROC ⁽¹⁹⁾	CONC ⁽²⁰⁾	MGR ⁽²¹⁾	TDEF ⁽²²⁾	
QM _g ⁽¹⁾	17,048**	5,057**	0,034**	10056,468**	
Média geral	4,744	1,685	0,056	118,802	
CV _e ⁽²⁾	30,550	41,597	105,618	8,623	
$\hat{\sigma}_p^2$ ⁽³⁾	5,682	1,686	0,011	3352,156	
$\hat{\phi}_g$ ⁽⁴⁾	4,982	1,522	0,010	3317,174	
$\hat{\sigma}_e^2$ ⁽⁵⁾	0,700	0,164	0,001	34,982	
H ² ⁽⁶⁾	87,680	90,273	89,578	98,956	
CV _g ⁽⁷⁾	47,046	73,203	178,760	48,480	
CV _g /CV _e ⁽⁸⁾	1,540	1,760	1,693	5,622	

** significativo a 1%, * significativo a 5% de probabilidade e ^{ns} não significativo pelo teste F; ⁽¹⁾quadrado médio dos genótipos; ⁽²⁾coeficiente de variação ambiental (%); ⁽³⁾variância média fenotípica; ⁽⁴⁾componente quadrático da variabilidade genotípica; ⁽⁵⁾variância média ambiental; ⁽⁶⁾coeficiente de determinação genotípica (%); ⁽⁷⁾coeficiente de variação genética (%); ⁽⁸⁾índice de variação; ⁽⁹⁾proporção de grãos chato (%); ⁽¹⁰⁾proporção de grãos moca (%); ⁽¹¹⁾proporção de grãos em fundagem (%); ⁽¹²⁾massa de 100 grãos beneficiados (g); ⁽¹³⁾pH dos grãos; ⁽¹⁴⁾teor de sólidos solúveis totais dos grãos (°Brix); ⁽¹⁵⁾condutividade elétrica (μS cm⁻¹); ⁽¹⁶⁾defeito do tipo preto (unidades); ⁽¹⁷⁾defeito do tipo verde (unidades); ⁽¹⁸⁾defeito do tipo ardido (unidades); ⁽¹⁹⁾defeito do tipo brocado (unidades); ⁽²⁰⁾defeito do tipo concha (unidades); ⁽²¹⁾defeito do tipo mal granado (unidades); ⁽²²⁾total de defeitos nos grãos (unidades). **Fonte:** os autores.

Ao analisar o comportamento da variabilidade entre os genótipos de café arábica cultivados com irrigação e para as características físico-químicas dos grãos, notou-se que as estimativas dos componentes quadráticos da variabilidade genotípica ($\hat{\phi}_g$) superaram os valores das variâncias ambientais ($\hat{\sigma}_e^2$) na determinação da variância fenotípica ($\hat{\sigma}_p^2$), para todas as variáveis com significância para QM_g. As estimativas dos coeficientes de determinação genotípica (H²) apresentaram valores maiores que 90% para as variáveis Chato, Moca, Fundo, M100, CE, ARD, CONC e TDEF. As estimativas dos índices de variação (CV_g/CV_e) variaram de 1,372 (defeito do tipo preto) a 5,622 (total de defeitos), sendo maior que 1,00 para todas as variáveis, indicando maior variação genotípica sobre a variação ambiental (Tabela 1).

No manejo não irrigado, houve diferenciação significativa entre os genótipos para um número menor

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

de variáveis do que no manejo irrigado, onde não se observou efeito significativo para as variáveis Fundo, PRET, CONC, MGR e TDEF, com base na significância dos QM_g (Tabela 2).

Tabela 2 – Resumo da análise de variância e estimativas de parâmetros fenotípicos e genotípicos de 14 características físico-químicas dos grãos de seis genótipos de café arábica, cultivados em regime não irrigado (647 m, Alegre-ES).

Parâmetro	Chato ⁽⁹⁾	Moca ⁽¹⁰⁾	Fundo ⁽¹¹⁾	M100 ⁽¹²⁾	pH ⁽¹³⁾
QM _g ⁽¹⁾	55,446**	45,400**	0,650 ^{ns}	0,860*	0,0173**
Média geral	82,153	16,705	1,142	15,307	5,7844
CV _e ⁽²⁾	2,430	9,981	68,305	2,667	0,5467
$\hat{\sigma}_p^2$ ⁽³⁾	18,482	15,133	-	0,287	0,0057
$\hat{\phi}_g$ ⁽⁴⁾	17,154	14,207	-	0,231	0,0054
$\hat{\sigma}_e^2$ ⁽⁵⁾	1,328	0,926	-	0,056	0,0003
H ² ⁽⁶⁾	92,813	93,877	-	80,633	94,2248
CV _g ⁽⁷⁾	5,041	22,563	-	3,141	1,2749
CV _g /CV _e ⁽⁸⁾	2,074	2,261	-	1,178	2,3320
Parâmetro	SST ⁽¹⁴⁾	CE ⁽¹⁵⁾	PRET ⁽¹⁶⁾	VERD ⁽¹⁷⁾	ARD ⁽¹⁸⁾
QM _g ⁽¹⁾	24,500*	458730,356**	10,398 ^{ns}	180,740**	280,147**
Média geral	22,833	1062,222	1,667	7,911	39,528
CV _e ⁽²⁾	11,420	11,763	108,413	48,408	15,207
$\hat{\sigma}_p^2$ ⁽³⁾	8,167	152910,119	-	60,247	93,382
$\hat{\phi}_g$ ⁽⁴⁾	5,900	147705,689	-	55,358	81,339
$\hat{\sigma}_e^2$ ⁽⁵⁾	2,267	5204,430	-	4,889	12,043
H ² ⁽⁶⁾	72,245	96,596	-	91,885	87,103
CV _g ⁽⁷⁾	10,638	36,181	-	94,048	22,816
CV _g /CV _e ⁽⁸⁾	0,931	3,076	-	1,943	1,500
Parâmetro	BROC ⁽¹⁹⁾	CONC ⁽²⁰⁾	MGR ⁽²¹⁾	TDEF ⁽²²⁾	
QM _g ⁽¹⁾	5,406*	0,688 ^{ns}	0,151 ^{ns}	110,645 ^{ns}	
Média geral	4,089	1,130	0,256	76,539	
CV _e ⁽²⁾	29,506	53,783	106,217	17,500	
$\hat{\sigma}_p^2$ ⁽³⁾	1,802	-	-	-	
$\hat{\phi}_g$ ⁽⁴⁾	1,317	-	-	-	
$\hat{\sigma}_e^2$ ⁽⁵⁾	0,485	-	-	-	
H ² ⁽⁶⁾	73,076	-	-	-	
CV _g ⁽⁷⁾	28,065	-	-	-	
CV _g /CV _e ⁽⁸⁾	0,951	-	-	-	

** significativo a 1%, * significativo a 5% de probabilidade e ^{ns} não significativo pelo teste F; ⁽¹⁾quadrado médio dos genótipos; ⁽²⁾coeficiente de variação ambiental (%); ⁽³⁾variância média fenotípica; ⁽⁴⁾componente quadrático da variabilidade genotípica; ⁽⁵⁾variância média ambiental; ⁽⁶⁾coeficiente de determinação genotípica (%); ⁽⁷⁾coeficiente de variação genética (%); ⁽⁸⁾índice de variação; ⁽⁹⁾proporção de grãos chato (%); ⁽¹⁰⁾proporção de grãos moca (%); ⁽¹¹⁾proporção de grãos em fundagem (%); ⁽¹²⁾massa de 100 grãos beneficiados (g); ⁽¹³⁾pH dos grãos; ⁽¹⁴⁾teor de sólidos solúveis totais dos grãos (°Brix); ⁽¹⁵⁾condutividade elétrica (μS cm⁻¹); ⁽¹⁶⁾defeito do tipo preto (unidades); ⁽¹⁷⁾defeito do tipo verde (unidades); ⁽¹⁸⁾defeito do tipo ardido (unidades); ⁽¹⁹⁾defeito do tipo brocado (unidades); ⁽²⁰⁾defeito do tipo concha (unidades); ⁽²¹⁾defeito do tipo mal granado (unidades); ⁽²²⁾total de defeitos nos grãos (unidades). **Fonte:** os autores.

Para o manejo não irrigado, assim como observado no regime irrigado, notou-se que todas as variáveis com diferenças significativas entre os genótipos apresentaram estimativas dos componentes quadráticos da variabilidade genotípica ($\hat{\phi}_g$) maiores que os valores das variâncias ambientais ($\hat{\sigma}_e^2$) na determinação da variância fenotípica ($\hat{\sigma}_p^2$). No entanto, um menor número de variáveis (apenas cinco) apresentou estimativas dos coeficientes de determinação genotípica (H²) maiores que 90%, sendo elas: Chato, Moca, pH, CE e VERD. As estimativas dos índices de variação (CV_g/CV_e) variaram de 0,931 (teor de sólidos solúveis totais) a 3,076 (condutividade elétrica), sendo maior que 1,00 para a maioria das variáveis, com exceção do SST e BROC (Tabela 2).

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Discussão

Ao analisar a média geral entre os genótipos para cada variável físico-química dos grãos da segunda safra produtiva após a implementação da poda programada, notou-se que o regime irrigado ocasionou maiores proporções de defeitos nos grãos de café (aumento de 7,7% na CE, mais de cinco vezes a quantidade de PRET, 47,7% no VERD, 62,9% no ARD, 16% no BROCC, 49% no CONC e 55,2% no TDEF). Em contrapartida, o regime irrigado favoreceu 2,5% a mais de grãos chatos, 19,9% menos grãos do tipo moca, 2,8% a mais na massa de 100 grãos e 78,1% menos grãos mal granados, fatores que contribuem para maiores rendimentos produtivos. É possível que o aumento de defeitos nos grãos na condição irrigada possa ter ocorrido devido a um maior número de floradas no cafeeiro arábica sob irrigação, o que pode levar a uma maior desuniformidade na maturação dos frutos (FARIA; SIQUEIRA, 2005) e, conseqüentemente, prejudicar a qualidade dos grãos.

De modo geral e para as condições estudadas, parece que o manejo irrigado favoreceu uma maior diferenciação entre os genótipos de café arábica, tendo em vista o maior número de variáveis com diferenças significativas. Além disso, parece haver uma maior expressão da variação genética sobre a variação ambiental na condição irrigada. Essa observação também já foi relatada para características de crescimento e produção de genótipos de café arábica sob irrigação (COLODETTI *et al.*, 2021). Também é válido reforçar a expressiva variabilidade entre os genótipos, sobretudo na condição irrigada, pois a variabilidade atribuída à variação genética chegou a ser 5,622 vezes maior que a variabilidade experimental (variável total defeitos), conforme embasado nas observações de Carias *et al.* (2014). Para o manejo não irrigado, essa magnitude de variação foi de, no máximo, 3,076 vezes (variável condutividade elétrica). Esses resultados encontrados para o manejo irrigado são fortes indicativos de uma condição favorável para estudos voltados à seleção, uma vez que a variação genética foi maior do que a variação ambiental.

Estudos que descrevem a magnitude da expressão da variância genética são especialmente importantes para programas de melhoramento, pois permitem compreender sobre o controle genético de características agrônômicas, selecionar variáveis eficientes e estimar ganhos, possibilitando a escolha de melhores métodos de seleção de genótipos para objetivos específicos (RAMALHO *et al.*, 2004).

Conclusão

Há expressiva variabilidade entre os genótipos de café arábica para características físico-químicas dos grãos, sobretudo quando conduzidos com irrigação. Nota-se que a variação genotípica sobressaiu a variação ambiental para todas as variáveis que apresentaram diferenciação significativa entre os genótipos, o que não ocorreu para o manejo não irrigado.

A variação entre os seis genótipos, nas condições do estudo, parece ser maior com o emprego da irrigação, gerando condições mais favoráveis para trabalhos que buscam uma possível seleção.

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.

CARIAS, C.M.O.M.; TOMAZ, M.A.; FERRÃO, M.A.G.; FONSECA, A.F.A.; FERRÃO, R.G.; GONÇALVES, L.S.A. Produtividade de grãos de cafeeiro conilon de diferentes grupos de maturação pelo procedimento REML/BLUP. **Semina: Ciênc. Agrár.**, v. 35, n. 2, p. 707-718, 2014.

COLODETTI, T.V.; RODRIGUES, W.N.; MARTINS, L.D.; BRINATE, S.V.B.; FERREIRA, D.S.; TOMAZ, M.A. Estimativas de parâmetros genéticos de cafeeiro arábica cultivado em sequeiro e irrigado. In: SEMINÁRIO CIENTÍFICO DO UNIFACIG, 7., 2021, Manhauçu-MG. **Anais [...]** Manhauçu-MG: Unifacig, 2021. v. 7. p.1-7.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

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

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C. **Modelos biométricos**. Viçosa: UFV, 2003.

DaMATTA, F.M. Exploring drought tolerance in coffee: a physiological approach with some insights for plant breeding. **Brazilian J. Plant Physiol.**, v. 16, p. 1-6, 2004.

FARIA, R.T.; SIQUEIRA, R. Produtividade do cafeeiro e cultivos intercalares sob diferentes regimes hídricos. **Bragantia**, v. 64, p. 583-590, 2005.

MALTA, M.R.; CHAGAS, S.J.R. Avaliação de compostos não-voláteis em diferentes cultivares de voláteis em diferentes cultivares de cafeeiro produzidas na região sul de Minas Gerais. **Acta Sci. Agron.**, v. 31, n. 1, p. 57-61, 2009.

MOURA, W.M.; SOARES, Y.J.B.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; LIMA, P.C. Genetic diversity in Arabica coffee grown in potassium constrained environment. **Ciênc. agrotec.**, v. 39, p. 23-31, 2015.

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. 135 f. 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.

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

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

RODRIGUES, W.N.; COLODETTI, T.V.; MARTINS, L.D.; BRINATE, S.V.B.; SOUZA, I.V.; TOMAZ, M.A. Manejo hídrico com irrigação suplementar: aspectos vegetativos de genótipos de cafeeiro arábica. In: SEMINÁRIO CIENTÍFICO DO UNIFACIG, 7., 2021, Manhuaçu-MG. **Anais [...]** Manhuaçu-MG: Unifacig, 2021. v. 7. p.1-6.

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

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.

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.