



VI Jornada de Iniciação Científica

VII SEMINÁRIO CIENTÍFICO DO UNIFACIG

Sociedade, Ciência e Tecnologia

ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS DE CAFEEIRO ARÁBICA CULTIVADO EM SEQUEIRO E IRRIGADO

**Tafarel Victor Colodetti¹, Wagner Nunes Rodrigues², Lima Deleon Martins³,
Sebastião Vinícius Batista Brinate², Daniel Soares Ferreira⁴, Marcelo Antonio
Tomaz⁵**

¹Doutor em Produção Vegetal, Bolsista de Desenvolvimento Científico Regional do CNPq/FAPES, CCAE-UFES, Núcleo de Pesquisas em Café, CCAE-UFES, Alegre-ES, tafarecolodetti@hotmail.com.

²Doutor em Produção Vegetal, Professor do Centro Universitário UNIFACIG, Manhuaçu-MG, Núcleo de Pesquisas em Café, CCAE-UFES, Alegre-ES, wagner.nunes@sempre.unifacig.edu.br, sebastiao.vinicius@sempre.unifacig.edu.br.

³Doutor em Produção Vegetal, Professor do Centro Universitário São Camilo, Cachoeiro do Itapemirim-ES, Grupo Geotechnology Applied to Global Environment, CCAE-UFES, Núcleo de Pesquisas em Café, CCAE-UFES, Alegre-ES, limadeleon@saocamilo-es.br.

⁴Doutorando em Fitotecnia, Bolsista de Doutorado do CNPq, UFV, Viçosa-MG, daniel.s.soares@ufv.br.

⁵Doutor em Fitotecnia, Professor do Departamento de Agronomia, CCAE-UFES, Núcleo de Pesquisas em Café, CCAE-UFES, Alegre-ES, tomazamarcelo@yahoo.com.br.

Resumo: O objetivo deste trabalho foi analisar as estimativas de parâmetros genéticos para características vegetativas e produtivas de genótipos de cafeeiro arábica, cultivados em condição de sequeiro ou com irrigação suplementar. O experimento foi desenvolvido em campo de competição no interior do município de Alegre-ES, com seis genótipos de cafeeiro arábica e dois sistemas de manejo hídrico. O crescimento e a produção foram avaliados durante dois ciclos consecutivos. A expressão da diversidade para características agrônômicas como a produção de café, a altura da planta, o diâmetro da copa, as taxas de crescimento e emissão de nós em ramos ortotrópicos e plagiotrópicos, pode ser intensificada pelo fornecimento de irrigação suplementar no cafeeiro arábica, além da promoção de ganhos produtivos e de crescimento. A variação entre os seis genótipos de cafeeiro arábica para as características analisadas parece ser maior com o emprego da irrigação suplementar, quando comparado ao cultivo em sequeiro.

Palavras-chave: Diversidade genética; *Coffea arabica*; Manejo; Estresse hídrico.

Área do Conhecimento: Ciências Agrárias.

ESTIMATES OF GENETIC PARAMETERS OF GENOTYPES OF ARABICA COFFEE CULTIVATED IN RAINFED AND IRRIGATED CONDITIONS

Abstract: The objective of this work was to analyze the estimates of genetic parameters for vegetative and productive characteristics of genotypes of Arabica coffee, cultivated under rainfed conditions or with supplementary irrigation. The experiment was carried out in a competition field in the countryside of the municipality of Alegre-ES, with six genotypes of Arabica coffee and two water management systems. Growth and production were evaluated for two consecutive cycles. The expression of diversity for agronomic characteristics such as coffee production, plant height, canopy diameter, growth rates and emission of new nodes in orthotropic and plagiotropic branches may be intensified by the supplementary water in Arabica coffee, in addition of promotion productive gains and of growth. The variation among the six genotypes of Arabica coffee for the analyzed characteristics seems to be greater with the use of supplementary irrigation, when compared with the rainfed cultivation.

Keywords: Genetic diversity; *Coffea arabica*; Management; Water stress.

INTRODUÇÃO

A utilização de cultivares melhoradas de cafeeiro arábica (*Coffea arabica* L.) é uma importante estratégia para a ampliação da capacidade produtiva das lavouras, visto que os níveis médios de produtividade dessa espécie ainda são relativamente baixos no Brasil (CONAB, 2021). Sabe-se que o país detém alguns dos principais programas de melhoramento de espécies do gênero *Coffea* do mundo, e vem desenvolvendo e lançando novas cultivares há vários anos. Portanto, atualmente, há um grande número de genótipos disponíveis, os quais apresentam diversas características de interesse. Mesmo que um grande número de genótipos tenha sido recomendado para cultivo, é preponderante a ampliação de estudos que buscam testá-los nos mais diversos sistemas de cultivo, regiões e estresses, tendo em vista a construção do conhecimento sobre o comportamento desses materiais.

Existem diversos relatos na literatura sobre comportamento diferencial entre genótipos de cafeeiro arábica para características agronômicas, onde as diferenças genotípicas são os principais agentes causais de tais expressões, como visto para a biometria de ramos plagiotrópicos (RODRIGUES *et al.*, 2014a), para parâmetros nutricionais (MOURA *et al.*, 2015; MARTINS *et al.*, 2015; RODRIGUES *et al.*, 2015), para a resistência de doenças (DEL GROSSI *et al.*, 2013; RODRIGUES *et al.*, 2014b; SHIGUEOKA *et al.*, 2014), para a tolerância à seca (DaMATTA, 2004; NARDINI *et al.*, 2014) e para a produtividade da cultura (RODRIGUES *et al.*, 2014c).

A irrigação é tida como uma técnica promissora e fundamental, visto que em algumas áreas a cafeicultura seria impraticável sem este arcabouço tecnológico. O uso de irrigação suplementar para sustentar a plantação em momentos de forte estresse hídrico ou momentos de alta demanda hídrica está se tornando uma prática necessária para manutenção da capacidade produtiva, principalmente devido às mudanças climáticas e à alta frequência com que extremos climáticos estão ocorrendo ultimamente (IPCC, 2014; MARTINS *et al.*, 2017).

Nesse contexto, objetivou-se analisar as estimativas de parâmetros genéticos para características vegetativas e produtivas de seis genótipos de cafeeiro arábica, cultivados em condição de sequeiro e com irrigação suplementar.

METODOLOGIA

O experimento foi desenvolvido em campo de competição, instalado em uma região de cultivo típico do cafeeiro arábica (*C. arabica* L.), localizado no interior do município de Alegre, estado do Espírito Santo, região sudeste do Brasil (20°52'07"S e 41°28'43"W). A área apresenta altitude de 642 m, com temperatura média do ar durante o estudo de 20,85 °C e precipitação acumulada anual de 1290 mm, sendo o período chuvoso de outubro a abril e o período seco de maio a setembro.

O experimento seguiu esquema de parcelas subdivididas, com seis genótipos de *C. arabica* L. (compondo as parcelas) e dois sistemas de cultivo referentes à suplementação hídrica (compondo as subparcelas), em delineamento de blocos casualizados com quatro repetições. O espaçamento de plantio foi de 2,5 × 0,8 m, resultando em uma população total de 5000 plantas por hectare, mantendo-se um ramo ortotrópico por planta desde o plantio. Todas os tratamentos culturais e técnicas de manejo foram empregadas conforme as recomendações normalmente utilizadas (PREZOTTI *et al.*, 2007; REIS; CUNHA, 2010), realizadas sempre de acordo com a necessidade.

Os seis genótipos de cafeeiro arábica utilizados no estudo foram originados de programas de melhoramento de instituições referenciais no desenvolvimento de cultivares de café, sendo eles: Paraíso MG/H 419-1, Catucaí 24-137, Sacramento MG1, Catucaí 144 CCF, Catucaí 2-SL e Oeiras MG-6851. Os dois manejos referentes à suplementação hídrica consistiram em condição de sequeiro (fornecimento de água apenas por precipitação natural) e condição de irrigação suplementar (fornecimento de água por precipitação natural e por irrigações durante períodos de estresse hídrico ou elevada demanda por água).

As plantas foram cultivadas nas condições descritas e avaliadas nos ciclos reprodutivos das safras de 2015 e 2016. Ao término da colheita de 2015, dois ramos plagiotrópicos localizados na região central do dossel e representativos do crescimento e produção das plantas, foram marcados e utilizados para análise temporal do crescimento até a finalização da colheita da safra seguinte. O mesmo foi realizado no ramo ortotrópico da planta.

A altura da planta (ALT; m) e o diâmetro da copa (DIA; m) foram determinados no estágio de maturação dos frutos da safra de 2016, por meio de régua graduada (mm). A taxa de crescimento do ramo ortotrópico (TCO; cm dia⁻¹) foi calculada com base na variação temporal da ALT no período entre a colheita da safra 2015 e a colheita da safra 2016. A taxa de crescimento do ramo plagiotrópico (TCP; cm dia⁻¹) foi calculada com base na variação temporal do comprimento dos ramos plagiotrópicos para

o mesmo período. Essas avaliações foram realizadas seguindo a metodologia de Silva *et al.* (2000).

O número de novos nós nos ramos ortotrópicos (NNO; unidades) e ramos plagiotrópicos (NNP; unidades) foi contabilizado após a colheita das safras 2015 e 2016. Por diferença, obteve-se o número absoluto de novos nós no período, e que suportaram o desenvolvimento das estruturas vegetativas e reprodutivas das plantas. Após a colheita da safra 2016, os ramos plagiotrópicos marcados foram coletados e suas folhas analisadas em integrador de área foliar (LI-3100C, Li-Cor, precisão: 0,01 cm²) para determinação da área foliar total do ramo plagiotrópico (AFR; cm²).

Os frutos maduros foram colhidos nas safras 2015 e 2016. Para a caracterização produtiva, calculou-se a média da produção entre as referidas safras, com valores correspondendo à produção de frutos maduros por planta (PRO; kg).

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 (sequeiro e irrigado), utilizando o modelo individual: $Y_{ijk} = \mu + B_j + G_i + \varepsilon_{ij}$, 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 ($\hat{\sigma}_p^2$), variância média ambiental ($\hat{\sigma}_e^2$), componente quadrático da variabilidade genotípica ($\hat{\phi}_g$), coeficiente de variação genética (CV_g), índice de variação (CV_g/CV) e coeficiente de determinação genotípica (H²). As análises foram realizadas por meio do software estatístico “GENES” (CRUZ, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisar a variabilidade genética entre os genótipos de cafeeiro arábica cultivados no regime de sequeiro, notou-se, com base nas estimativas dos parâmetros genéticos, a existência de considerável variação entre os genótipos. Essa diferenciação ocorreu para todas as características estudadas (baseado na significância dos QM_g), com exceção apenas para a área foliar do ramo plagiotrópicos (Tabela 1).

Tabela 1 – Estimativas de parâmetros fenotípicos e genotípicos de oito características agrônômicas de genótipos de *Coffea arabica* L. cultivados em regime de sequeiro (Lagoa Seca, Alegre-ES).

Parâmetro	PRO ⁽⁹⁾	ALT ⁽¹⁰⁾	DIA ⁽¹¹⁾	TCO ⁽¹²⁾
QM _g ⁽¹⁾	0,1383*	0,0799*	0,0053*	0,0089*
Média geral	1,3810	1,6400	1,4379	0,0983
CV (%) ⁽²⁾	8,4526	5,4538	7,2917	14,1401
$\hat{\sigma}_p^2$ ⁽³⁾	0,0346	0,0199	0,0091	0,0022
$\hat{\phi}_g$ ⁽⁴⁾	0,0312	0,0179	0,0064	0,0021
$\hat{\sigma}_e^2$ ⁽⁵⁾	0,0034	0,0020	0,0027	0,0001
H ² ⁽⁶⁾	90,1502	89,9850	69,8351	97,8318
CV _g (%) ⁽⁷⁾	12,7859	8,1739	5,5474	47,4909
CV _g /CV ⁽⁸⁾	1,5127	1,4987	0,7608	3,3586
Parâmetro	TCP ⁽¹³⁾	NNO ⁽¹⁴⁾	NNP ⁽¹⁵⁾	AFR ⁽¹⁶⁾
QM _g ⁽¹⁾	0,0411*	39,6935*	2,3760*	4875,2640 ^{ns}
Média geral	0,1825	16,3066	3,3775	491,2000
CV (%) ⁽²⁾	22,0997	8,0827	14,4571	17,6545
$\hat{\sigma}_p^2$ ⁽³⁾	0,0102	9,9233	0,5940	-
$\hat{\phi}_g$ ⁽⁴⁾	0,0098	9,4891	0,5344	-
$\hat{\sigma}_e^2$ ⁽⁵⁾	0,0004	0,4342	0,0596	-
H ² ⁽⁶⁾	96,0460	95,6235	89,9652	-
CV _g (%) ⁽⁷⁾	54,4602	18,8906	21,6439	-
CV _g /CV ⁽⁸⁾	2,4643	2,3372	1,4971	-

* significativo e ^{ns} não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ⁽¹⁾quadrado médio dos genótipos; ⁽²⁾coeficiente de variação; ⁽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⁾produção média de duas safras (2015 e 2016) de frutos maduros por planta (kg); ⁽¹⁰⁾altura da planta (m); ⁽¹¹⁾diâmetro da copa (m); ⁽¹²⁾taxa de crescimento do ramo ortotrópico (cm dia⁻¹); ⁽¹³⁾taxa de crescimento do ramo plagiotrópico (cm dia⁻¹); ⁽¹⁴⁾número de novos nós nos ramos ortotrópicos; ⁽¹⁵⁾número de novos nós nos ramos plagiotrópicos; ⁽¹⁶⁾área foliar total do ramo plagiotrópico (cm²). Fonte: os autores.

Ainda analisando o comportamento da variabilidade entre os genótipos de cafeeiro arábica na condição de sequeiro, notou-se que as estimativas dos componentes quadráticos da variabilidade genotípica ($\hat{\sigma}_g^2$) superaram os valores das variâncias ambientais ($\hat{\sigma}_e^2$) na determinação da variância fenotípica ($\hat{\sigma}_p^2$) para sete características analisadas (todas, com exceção da área foliar do ramo plagiotrópico). As estimativas dos coeficientes de determinação genotípica (H^2) apresentaram valores maiores que 90% para a produção média de frutos maduros, para as taxas de crescimento (ramos plagiotrópicos e ortotrópicos) e para a emissão de novos nós nos ramos ortotrópicos. Com exceção da área foliar, as estimativas dos índices de variação (CV_g/CV) variaram de 0,76 a 3,35, sendo menor que 1,00 apenas para o diâmetro da copa (Tabela 1). Esses resultados são indicativos de uma condição favorável para uma possível seleção, uma vez que parece que a variação genética foi maior do que a variação ambiental.

Diferentemente do sistema de sequeiro, o aporte hídrico suplementar via irrigação foi suficiente para promover a expressão da variabilidade genética em maior intensidade para todas as características estudadas; portanto, diferenças genotípicas significativas (significância dos QM_g) foram encontradas para todas as variáveis. Nessa condição de manejo hídrico, os componentes quadráticos estimados, que expressam a variabilidade genotípica média, apresentaram elevada influência na determinação da variância fenotípica geral, com menores efeitos ambientais (Tabela 2).

Tabela 2 – Estimativas de parâmetros fenotípicos e genotípicos de oito características agrônômicas de genótipos de *Coffea arabica* L. cultivados em regime de irrigação suplementar (Lagoa Seca, Alegre-ES).

Parâmetro	PRO ⁽⁹⁾	ALT ⁽¹⁰⁾	DIA ⁽¹¹⁾	TCO ⁽¹²⁾
QM_g ⁽¹⁾	0,5812*	0,0771*	0,0703*	0,0080*
Média geral	2,0640	1,7616	1,6008	0,0841
CV (%) ⁽²⁾	7,5525	3,8970	3,1729	15,6423
$\hat{\sigma}_p^2$ ⁽³⁾	0,1453	0,0192	0,0175	0,0020
$\hat{\sigma}_g^2$ ⁽⁴⁾	0,1392	0,0181	0,0169	0,0019
$\hat{\sigma}_e^2$ ⁽⁵⁾	0,0061	0,0011	0,0006	0,0001
H^2 ⁽⁶⁾	95,8190	93,8904	96,3345	97,9233
CV_g (%) ⁽⁷⁾	18,0779	7,6386	8,1332	53,7068
CV_g/CV ⁽⁸⁾	2,3936	1,9601	2,5633	3,4334
Parâmetro	TCP ⁽¹³⁾	NNO ⁽¹⁴⁾	NNP ⁽¹⁵⁾	AFR ⁽¹⁶⁾
QM_g ⁽¹⁾	0,0202*	65,2560*	15,8973*	19422,3162*
Média geral	0,1704	13,6387	2,7770	593,9333
CV (%) ⁽²⁾	13,8030	5,5296	11,5558	13,0713
$\hat{\sigma}_p^2$ ⁽³⁾	0,0050	16,3140	3,9743	4855,5790
$\hat{\sigma}_g^2$ ⁽⁴⁾	0,0049	16,1718	3,9486	3348,7781
$\hat{\sigma}_e^2$ ⁽⁵⁾	0,0001	0,1422	0,0257	1506,8009
H^2 ⁽⁶⁾	97,2681	99,1284	99,3522	68,9676
CV_g (%) ⁽⁷⁾	41,1813	29,4852	71,5538	9,7400
CV_g/CV ⁽⁸⁾	2,9835	5,3322	6,1920	0,7451

* significativo e ns não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ⁽¹⁾quadrado médio dos genótipos; ⁽²⁾coeficiente de variação; ⁽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⁾produção média de duas safras (2015 e 2016) de frutos maduros por planta (kg); ⁽¹⁰⁾altura da planta (m); ⁽¹¹⁾diâmetro da copa (m); ⁽¹²⁾taxa de crescimento do ramo ortotrópico (cm dia⁻¹); ⁽¹³⁾taxa de crescimento do ramo plagiotrópico (cm dia⁻¹); ⁽¹⁴⁾número de novos nós nos ramos ortotrópicos; ⁽¹⁵⁾número de novos nós nos ramos plagiotrópicos; ⁽¹⁶⁾área foliar total do ramo plagiotrópico (cm²). Fonte: os autores.

Na condição de irrigação suplementar, as estimativas dos coeficientes de determinação genotípica (H^2) ultrapassaram 90% para todas as variáveis, o que é considerado elevado. A única exceção foi para a área foliar, que pareceu ser modulada pelo ambiente de forma mais intensa do que as demais características estudadas, mas ainda apresentou um valor de H^2 relativamente alto (aproximadamente 69%). Além dos maiores H^2 , a irrigação suplementar parece favorecer maiores valores dos índices de variação (CV_g/CV), que alternaram de 0,74 a 6,19 (Tabela 2). Os maiores valores estimativos dos parâmetros genéticos neste sistema, indicam que a expressão de alguns caracteres agrônômicos pode ser intensificada pelo suprimento adicional de água, permitindo observar as diferenças entre os genótipos de forma mais eficiente, enquanto que na condição de sequeiro os efeitos do déficit hídrico poderiam ocultar a expressão máxima das diferenças genotípicas.

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).

Adicionalmente, tem sido relatado que a magnitude dessa variância genética é suficiente para promover a identificação ou seleção de genótipos mais adaptados ou com um conjunto de características especialmente desejáveis para sistemas ou regiões agrícolas específicas (MOURA *et al.*, 2013; BELETE *et al.*, 2014; RODRIGUES *et al.*, 2014c, 2016).

Com relação aos manejos hídricos adotados no presente, os resultados dos parâmetros genéticos para o sistema de cultivo com irrigação suplementar se mostraram superiores aos do cultivo em sequeiro, certamente isso ocorreu pelo fato de que a irrigação atenuou os efeitos do estresse hídrico e atuou para diminuir a proporção em que a variação ambiental afetou a determinação dos valores fenotípicos, o que conferiu maior efeito à variação genotípica.

Além disso, a irrigação pareceu atuar como um agente potencializador do crescimento e produção do cafeeiro arábica para o período compreendido entre as duas safras analisadas, onde notou-se acréscimo de 49,5% na produção de frutos maduros por planta, 7,4% na altura das plantas, 11,3% no diâmetro da copa e 20,9% na área foliar dos ramos plagiotrópicos. Com isso, é possível que plantas mais vigorosas, com copas mais volumosas e ramos mais enfolhados, sejam capazes de sustentar de forma mais eficiente as produções de frutos, sem que haja exaurimento excessivo das estruturas vegetativas da planta.

CONCLUSÃO

A expressão da diversidade para características agrônômicas como a produção de café, a altura da planta, o diâmetro da copa, as taxas de crescimento e emissão de nós em ramos ortotrópicos e plagiotrópicos, pode ser intensificada pelo fornecimento de irrigação suplementar no cafeeiro arábica, além da promoção de ganhos produtivos e de crescimento.

A variação entre os seis genótipos de cafeeiro arábica para as características analisadas parece ser maior com o emprego da irrigação suplementar, quando comparado ao cultivo em sequeiro, gerando condições mais favoráveis para uma possível seleção.

AGRADECIMENTOS

Ao cafeeicultor José Augusto Demartini Landi e sua família por ceder a área de estudo. Ao CNPq pela bolsa de desenvolvimento científico regional (processo 300971/2021-4) e à FAPES pelo auxílio financeiro no âmbito do projeto de pesquisa (nº FAPES 535/2020) do primeiro autor. Ao Centro de Ciências Agrárias e Engenharias (CCAIE) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) pelo acesso aos equipamentos e instalações. À FAPES e ao CNPq pela concessão de bolsas e auxílios financeiros.

REFERÊNCIAS

BELETE, Y.; BELACHEW, B.; FININSA, C. Performance evaluation of indigenous Arabica coffee genotypes across different environments. **Journal of Plant Breeding and Crop Science**, v. 6, p. 171-178, 2014.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de café**. v. 8, n. 2. Brasília: CONAB, 2021. 63p.

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

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

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

DEL GROSSI, L.; SERA, T.; SERA, G. H.; FONSECA, I. C. B.; ITO, D. S.; SHIGUEOKA, L. H.; ANDREAZI, E.; CARVALHO, F. G. Rust resistance in Arabic Coffee cultivars in northern Paraná.

Brazilian Archives of Biology and Technology, v. 56, p. 27-33, 2013.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate change 2014**: Regional Aspects - Central and South American. Geneva: IPCC, 2014. Disponível em: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-Chap27_FINAL.pdf. Acesso em: 16 ago. 2021.

MARTINS, L. D.; EUGENIO, F. C.; RODRIGUES, W. N.; JESUS JÚNIOR, W. C.; TOMAZ, M. A.; RAMALHO, J. D. C.; SANTOS, A. R. **Climatic vulnerability in robusta coffee**: mitigation and adaptation. Alegre: CAUFES, 2017. 54p.

MARTINS, L. D.; MACHADO, L.; TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T. The nutritional efficiency of *Coffea* spp. A review. **African Journal of Biotechnology**, v. 14, p. 728-734, 2015.

MOURA, W. M.; LIMA, P. C.; FAZUOLI, L. C.; CONDÉ, A. B. T.; SILVA, T. C. Desempenho de cultivares de café em sistema de cultivo orgânico na Zona da Mata Mineira. **Coffee Science**, v. 8, p. 256-264, 2013.

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

NARDINI, A.; ÖUNAPUU-PIKAS, E.; SAVI, T. When smaller is better: leaf hydraulic conductance and drought vulnerability correlate to leaf size and venation density across four *Coffea arabica* genotypes. **Functional Plant Biology**, v. 41, p. 972-982, 2014.

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

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: Epamig, 2010.

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

RODRIGUES, W. N.; TOMAZ, M. A.; APOSTÓLICO, M. A.; COLODETTI, T. V.; MARTINS, L. D.; CHRISTO, L. F.; BRINATE, S. V. B.; JESUS JÚNIOR, W. C.; AMARAL, J. F. T. Severity of leaf rust and brown eyespot in genotypes of *Coffea arabica* L. cultivated with high plant density. **American Journal of Plant Sciences**, v. 5, p. 3702-3709, 2014b.

RODRIGUES, W. N.; COLODETTI, T. V.; MARTINS, L. D.; BRINATE, S. V. B.; TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T. Nutritional components of growth of Arabica coffee genotypes cultivated under different levels of phosphorus fertilization studied by path analysis. **Australian Journal of Crop Science**, v. 9, p. 1214-1220, 2015.

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

RODRIGUES, W. P.; VIEIRA, H. D.; BARBOSA, D. H. S. G.; SOUSA FILHO, G. R.; PARTELLI, F. L. Agronomic performance of Arabica coffee genotypes in northwest Rio de Janeiro State. **Genetics and Molecular Research**, v. 13, p. 5664-5673, 2014c.

SHIGUEOKA, L. H.; SERA, G. H.; SERA, T.; FONSECA, I. C. B.; MARIUCCI JUNIOR, V.; ANDREAZI, E.; CARVALHO, F. G.; GARDIANO, C. G.; CARDUCCI, F. C. Selection of Arabic coffee progenies with

rust resistance. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 14, p. 88-93, 2014.

SILVA, L. C.; BELTRÃO, N. E. M.; AMORIM NETO, M. S. **Análise do Crescimento de Comunidades Vegetais**. Brasília: Embrapa, 2000.