

Meta-análise para estimativas de herdabilidade de características do desenvolvimento e produção do *Coffea canephora* Pierre

Meta-analysis for heritability of estimates development and production traits of *Coffea canephora* Pierre

Telde Natel Custódio¹; Danielle Pereira Baliza^{2*};
Samuel Pereira de Carvalho³; Tiago Teruel Rezende⁴

Resumo

Estimativas de herdabilidade de características relacionadas ao desenvolvimento e produção de cafeeiros (*C. canephora*) são informações muito utilizadas em programas de melhoramento genético, no entanto, em virtude do grande número de trabalhos científicos publicados nos últimos anos observam-se conclusões destoantes. Assim, sumarizar essas informações tornou-se uma necessidade. Neste contexto, uma meta-análise foi conduzida com o objetivo de resumir as estimativas para a herdabilidade das características relacionadas ao desenvolvimento e produção de *C. canephora*. Foram avaliadas estimativas de herdabilidade referentes às seguintes características: altura da planta, diâmetro do caule, tamanho dos frutos, ciclo de maturação, produção de grãos (kg ha⁻¹), uniformidade de maturação, percentual de grãos chatos, percentual de grãos chochos, percentual de grãos moca, percentagem de umidade do grão na colheita, relação café cereja e café coco, relação café cereja e café beneficiado, relação café coco e café beneficiado, percentagem de peneira média e rendimento. Os dados referentes às estimativas de herdabilidade são provenientes de artigos científicos publicados em revistas nacionais e internacionais, anais de congressos, teses e dissertações. A maioria das características avaliadas, com exceção do diâmetro do caule e do rendimento, são altamente herdáveis, refletindo a grande variedade genética dos cafeeiros, e possibilitando com que ganhos genéticos satisfatórios possam ser atingidos em programas de melhoramento em que essas características são avaliadas. O uso da técnica de meta-análise mostra-se eficiente para sintetizar os resultados dos estudos de estimativa de herdabilidade obtidos em experimentos de avaliação das características relacionadas ao desenvolvimento e a produção de grãos em cafeeiros da espécie *C. canephora*.

Palavras-chave: Estimativas combinadas, parâmetros genéticos, sistematização

Abstract

Heritability of estimates related to development and production traits of coffee (*C. canephora*) are widely used informations in genetic improvement programs. However, because of the great number of scientific papers published in the recent years, conflicting conclusions are observed. Thus, to summarize such information has become a necessity. In this context, a meta-analysis was conducted with the objective of summarizing the heritability estimates of traits related to the development and production of *C. canephora*. Heritability estimates were appraised regarding the following traits: plant height,

¹ Eng^o Agr^o, Prof. Dr. da Universidade Federal de São João Del Rei, UFSJ/CAPE, Campus Alto Paraopeba, MG. E-mail: natel@ufsj.edu.br

² Eng^a Agr^a, Prof^a. Dr^a. do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais, Campus Rio Pomba, MG. E-mail: danielle.baliza@ifsudesteng.edu.br

³ Eng^o Agr^o, Prof. Dr. da Universidade Federal de Lavras, UFLA, Lavras, MG. E-mail: samuelpc@dag.ufla.br

⁴ Eng^o Agr^o, Mestrando em Agronomia, UFLA, Lavras, MG. E-mail: tiago.teruel@yahoo.com.br

* Autora para correspondência

diameter of the canopy, fruit size, maturation cycle, bean production (kg ha^{-1}), maturation uniformity, flat bean percentage, empty bean percentage, peaberry percentage, moisture percentage of the bean at harvest, cherry coffee and coffee coconut ratio, cherry coffee and benefited coffee ratio, coffee coconut and benefited coffee ratio, percentage of medium sieve and yield. The data regarding the heritability estimates are from scientific articles published in national and international journals, congress annals, and post-graduation thesis and dissertations. The most of the appraised traits, except the diameter of the canopy and of the yield, are highly inherited, reflecting the high genetic variety of coffee plants, and possible for satisfactory genetic gains to be reached in improvement programs in which those traits are evaluated. The use of techniques of meta-analysis shows to be efficient to synthesize the results of studies of estimation of heritability obtained in experiments evaluating the characteristics related to development and production *C. canephora*.

Key words: Pooled estimates, genetic parameters, systematization

Introdução

As estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos são importantes em programas de melhoramento genético. Pois possibilita a escolha de métodos e caracteres utilizados nas etapas iniciais e avançadas dos programas de melhoramento, permitindo ainda, estudar mecanismos, valores genéticos e variabilidade para um caráter (VASCONCELOS et al., 2012). Entre os parâmetros genéticos e fenotípicos que podem auxiliar o direcionamento da seleção de cafeeiros mais promissores, destacam-se as herdabilidades, as variâncias genéticas e fenotípicas e os progressos genéticos esperados (FERRÃO et al., 2008).

A herdabilidade de uma característica é a proporção da variação fenotípica explicada pela variância genética existente na população. É um parâmetro essencial em programas de melhoramento genético, pois indica quanto das diferenças existentes no desempenho para uma característica são determinadas por fatores genéticos ou ambientais, tendo assim papel fundamental na predição dos valores genéticos (BOURDON, 2000). Desta forma, pela sua importância, a herdabilidade deve ser conhecida para a condução de um programa de melhoramento, e muitas das decisões práticas são tomadas em função de sua magnitude (RAMALHO; SANTOS; PINTO, 2008).

Atualmente, existe um grande número de trabalhos científicos contendo estimativas de herdabilidade para as diferentes características relacionadas ao desenvolvimento e produção de

cafeeiros (*Coffea canephora* Pierre). No entanto, em alguns estudos, para um mesmo caráter, observa-se variação nos valores das estimativas obtidas. Ivoglo et al. (2008), avaliando a divergência genética entre 21 progênies de *Coffea canephora*, em Mococa, SP, verificaram para altura de plantas que a herdabilidade variou entre 0,79 à 0,83. Já Bertrand et al. (2000), em estudo com *Coffea canephora*, para a mesma variável encontraram valores de herdabilidade entre 0,30 a 0,32, aproximadamente a metade dos valores encontrados por Ivoglo et al. (2008). Ferrão et al. (2008), nos municípios de Marilândia e Sooretama, ES, nas safras de 1996, 1997, 1998, 2000, 2001 e 2002, ao estimar a herdabilidade para diferentes características de *Coffea canephora*, verificaram as seguintes variações: relação de café cereja e café coco (0,91 à 0,39), relação de café coco e café beneficiado (0,89 à 0,10), percentagem de umidade no grão na colheita (0,91 à 0,16), ciclo de maturação dos frutos (0,98 à 0,38), entre outras variações.

Esta variação ocorre em função das condições ambientais em que as estimativas foram obtidas, da variabilidade genética presente nos materiais utilizados em cada caso e também do método utilizado para a obtenção da estimativa (RAMALHO; SANTOS; ZIMMERMANN, 1993). No entanto, para determinadas características esta variação dificulta a tomada de decisão de alguns pesquisadores sobre o assunto. Uma maneira para contornar tal problema, seria a obtenção de uma média a partir da combinação das estimativas dos resultados já existentes (KOOTTS et al., 1994).

As estimativas combinadas podem ser obtidas por meio da meta-análise (GIANNOTTI et al., 2005a). A meta-análise pode ser definida como um procedimento estatístico que consiste de uma revisão quantitativa e resumida de resultados de estudos distintos, mas relacionados (GIANNOTTI; PACKER; MERCADANTE, 2005b). Os métodos estatísticos empregados na meta-análise asseguram a obtenção de uma estimativa combinada e precisa, sobretudo em virtude do aumento do número de observações e, conseqüentemente, do poder estatístico e da possibilidade de examinar a variabilidade entre os estudos, o que não é possível quando se realiza apenas uma média dos resultados publicados (FAGARD; STAESSEN; THIJS, 1996). Este termo foi introduzido por Glass (1976), como “a análise das análises” ou “a análise estatística de uma grande coleção de resultados de estudos individuais, com o propósito de completar as descobertas”. A técnica de meta-análise foi utilizada pela primeira vez em pesquisa educacional, teve um grande avanço na área de medicina e o seu emprego tem se estendido a várias áreas científicas (LOVATTO et al., 1997).

De acordo com Lovatto et al. (2007) no domínio agrícola, o número de meta-análises publicadas tem aumentado nos últimos anos (GIANNOTTI; PACKER; MERCADANTE, 2002; LOVATTO; SAUVANT, 2002; MARTIN; SAUVANT, 2002; OFFNER; BACH; SAUVANT, 2003; EUGÈNE; ARCHIMEDE; SAUVANT, 2004; GIANNOTTI et al., 2005a; GIANNOTTI; PACKER; MERCADANTE, 2005b; HAUPTLI; HAUSCHILD; LOVATTO, 2007; BERGMANN; GONZÁLEZ; ZARBIN, 2009) sinalizando que esse procedimento possa se tornar rotina nesse campo da ciência. Contudo, para o setor de grandes culturas em especial para a cultura do café (*C. canephora*) não há trabalhos envolvendo meta-análise. Neste contexto, objetivou-se com este trabalho, obter estimativas combinadas para herdabilidade de características relacionadas ao desenvolvimento e a produção do *C. canephora*, por meio da técnica de meta-análise.

Material e Métodos

Os dados de estimativas de herdabilidade neste estudo são referentes às seguintes características relacionadas ao desenvolvimento e a produção do *C. canephora*:

- Altura da planta;
- Diâmetro do caule;
- Tamanho do fruto;
- Ciclo de maturação (número de dias da florada principal à completa maturação dos frutos);
- Produção de grãos (kg ha⁻¹);
- Uniformidade de maturação (percentual de frutos verde, verde-cana, cereja, passa e seco);
- Percentual de grãos chatos;
- Percentual de grãos moça;
- Percentual de grãos chochos;
- Percentagem de umidade do grão na colheita;
- Relação café cereja e café coco;
- Relação café cereja e café beneficiado;
- Relação do café coco e café beneficiado;
- Percentagem de peneira média;
- Rendimento (litros de café da roça por saca de café beneficiada de 60 kg).

Os dados referentes às estimativas de herdabilidade são provenientes de artigos científicos publicados em revistas nacionais e internacionais, anais de congressos, teses e dissertações.

Os principais passos envolvidos para a obtenção das estimativas de herdabilidade combinada por meio da técnica da meta-análise são: análise exploratória do conjunto de estimativas de herdabilidade, verificação das pressuposições estatísticas requeridas, aplicação do teste de homogeneidade

entre as estimativas de herdabilidade, obtenção das estimativas de herdabilidade combinada.

A análise exploratória do conjunto de estimativas de herdabilidade foi feita com o objetivo de verificar a presença de “outliers”, por meio do gráfico de “Box-Plot”. O Box-Plot é um gráfico que tem por objetivo apresentar várias informações sobre o comportamento de um conjunto de dados, tais como: posição, dispersão, simetria e dados discrepantes. Neste tipo de gráfico, considera-se um retângulo, em que a mediana é representada pela parte central do retângulo, e os quartis inferior e superior, pelas linhas inferior e superior que delimitam o retângulo, respectivamente. As observações que estiverem fora desses limites (superior ou inferior), serão chamadas de dados discrepantes e são representadas por asteriscos (*). Enquanto os valores compreendidos entre esses dois limites são chamados de valores adjacentes (BUSSAB; MORETTIN, 2003).

As pressuposições estatísticas requeridas para uma meta-análise são a normalidade e a independência das estimativas a serem combinadas (HEDGES; OLKIN, 1985). A suposição de independência é em parte satisfeita, em razão das estimativas terem sido obtidas de trabalhos distintos. A suposição de normalidade foi testada através do teste de Shapiro-Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965), adotando-se um nível de significância de 5% de probabilidade.

O teste de homogeneidade é importante na decisão de qual modelo deve ser adotado, se de efeito fixo ou aleatório. O modelo de efeito fixo pressupõe homogeneidade entre as estimativas de herdabilidade, ao passo que o modelo de efeito aleatório considera a variabilidade existente entre as estimativas.

O modelo de efeito aleatório é dado por:

$$\hat{h}_i^2 = \hat{h}_+^2 + \varepsilon_i + e_i,$$

onde:

\hat{h}_i^2 : valor estimado da i-ésima herdabilidade para determinado caracter;

\hat{h}_+^2 : valor da estimativa combinada das herdabilidades;

ε_i um erro aleatório, $\varepsilon_i \sim N(0, \tau^2)$; ^{i.i.d.}

e_i um erro aleatório, $e_i \sim N(0, s_i^2)$. ^{i.i.d.}

O modelo de efeito fixo é um caso particular do modelo de efeito aleatório em que $\tau^2 = 0$ (BROCKWELL; GORDON, 2001), dado por:

$$\hat{h}_i^2 = \hat{h}_+^2 + e_i$$

O teste de homogeneidade entre as estimativas de herdabilidade foi feito com base na estatística Q (HEDGES; OLKIN, 1985), adotando-se um nível de significância de 5% de probabilidade, dada por:

$$Q = \sum_{i=1}^k w_i (\hat{h}_i^2 - \hat{h}_+^2)^2 \sim \chi_{k-1}^2,$$

onde:

$$w_i = \frac{1}{s_i^2};$$

\hat{h}_i^2 : valor estimado da i-ésima herdabilidade para determinado caracter;

$\hat{h}_+^2 = \frac{\sum_{i=1}^k w_i \hat{h}_i^2}{\sum_{i=1}^k w_i}$: o valor da estimativa combinada das herdabilidades;

s_i^2 : variância associada a \hat{h}_i^2 .

As variâncias s_i^2 associadas a \hat{h}_i^2 foram estimadas pelo método descrito por Falconer; Mackay (1996), dada por:

$$\hat{V}(\hat{h}_i^2) = \frac{32\hat{h}_i^2}{N}.$$

O desvio padrão combinado s_+ associado a \hat{h}_+^2 , foi estimado (KOOTIS et al., 1994) por:

$$s_+ = \sqrt{\frac{1}{\sum_{i=1}^k \left(\frac{1}{w_i}\right)}}$$

As análises foram feitas através de rotinas computacionais do programa SAS (ARTHUR; BENNETT; HUFFCUTT, 2008).

Resultados e Discussão

Os valores de mínimo, máximo e amplitude de variação das estimativas de herdabilidade para as características avaliadas estão apresentados na Tabela 1. Verificou-se que a maioria das características avaliadas apresentou uma amplitude de variação bastante alta para as estimativas de herdabilidade. Enquanto outras características como: produção de grãos e porcentagem de peneira

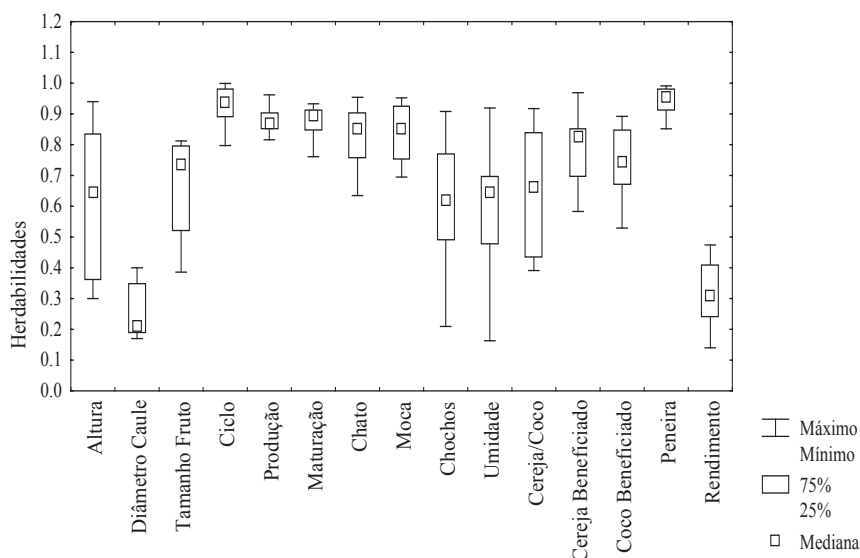
média apresentou os menores valores. A amplitude com variação elevada indica resultados discordantes na literatura, justificando assim, a aplicação da técnica de meta-análise. Ao passo que amplitudes menores podem sinalizar uma melhor qualidade dos estudos em decorrência de uma possível melhoria desses métodos de estimação dos parâmetros genéticos e da qualidade e quantidade dos bancos de dados envolvidos (GIANNOTTI; PACKER; MERCADANTE, 2002).

Para a análise exploratória, construíram-se gráficos de “box-plot” para as características em estudo. Nesse dispositivo, observou-se a distribuição e o resumo das principais estatísticas do conjunto de dados (mediana, quartis e prováveis dados discrepantes) (BUSSAB; MORETTIN, 2003). Para o conjunto das estimativas de herdabilidade de todas as características avaliadas houve ausência de “outliers”, isto é, não ocorreram observações discrepantes entre as características em estudo (Figura 1).

Tabela 1. Valores mínimo, máximo e amplitude das estimativas de herdabilidade para as características avaliadas.

Característica	Herdabilidade		
	Mínimo	Máximo	Amplitude
Altura da planta	0,3000	0,9400	0,6400
Diâmetro do caule	0,1700	0,4000	0,2300
Tamanho do fruto	0,3860	0,8120	0,4260
Ciclo de maturação	0,7970	0,9990	0,2020
Produção de grãos (kg ha ⁻¹)	0,8160	0,9620	0,1460
Uniformidade de maturação	0,7610	0,9330	0,1720
Percentual de grãos chatos	0,6350	0,9540	0,3190
Percentual de grãos moca	0,6950	0,9520	0,2570
Percentual de grãos chochos	0,2096	0,9080	0,6984
Porcentagem de umidade do grão na colheita	0,1630	0,9190	0,7560
Relação café cereja e café coco	0,3910	0,9170	0,5260
Relação café cereja e café beneficiado	0,5830	0,9690	0,3860
Relação café coco e café beneficiado	0,5290	0,8920	0,3630
Porcentagem de peneira média	0,8516	0,9910	0,1394
Rendimento (litros de café da roça/saca beneficiada de 60 kg)	0,1400	0,4740	0,3340

Fonte: Elaboração dos autores.

Figura 1. Box-Plot das estimativas de herdabilidade para os caracteres avaliados. Não foram identificados “Outliers”.

Fonte: Elaboração dos autores.

As pressuposições estatísticas requeridas para uma meta-análise são a normalidade e a independência das estimativas a serem combinadas (HEDGES; OLKIN, 1985). A suposição de independência é em parte satisfeita, em razão dessas estimativas serem obtidas de trabalhos distintos. A

suposição de normalidade foi testada através do teste de Shapiro-Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965) e os resultados do teste mostraram que todas as características avaliadas seguem uma distribuição de probabilidades normal (Tabela 2).

Tabela 2. Valores das estatísticas do teste de Shapiro-Wilk (W) para normalidade, do teste de homogeneidade (Q), estimativa combinada das herdabilidades (\hat{h}_+^2) e desvio padrão combinado (s_+) associado a \hat{h}_+^2 , para as características avaliadas.

Característica	W	Q	\hat{h}_+^2	s_+
Altura da planta	0,9111 ^{NS}	2,0932 ^{NS}	0,5828	0,1162
Diâmetro do caule	0,8274 ^{NS}	0,3228 ^{NS}	0,2523	0,4161
Tamanho do fruto	0,8714 ^{NS}	0,4149 ^{NS}	0,6881	0,2259
Ciclo de maturação	0,8952 ^{NS}	0,1273 ^{NS}	0,9176	0,1403
Produção de grãos (kg ha ⁻¹)	0,9771 ^{NS}	0,0570 ^{NS}	0,8811	0,1125
Uniformidade de maturação	0,8902 ^{NS}	0,0295 ^{NS}	0,8897	0,1904
Percentual de grãos chatos	0,9224 ^{NS}	0,3463 ^{NS}	0,8038	0,1179
Percentual de grãos moca	0,8860 ^{NS}	0,2834 ^{NS}	0,8190	0,1176
Percentual de grãos chochos	0,9465 ^{NS}	2,3831 ^{NS}	0,4714	0,1201
Porcentagem de umidade do grão na colheita	0,9167 ^{NS}	2,5591 ^{NS}	0,3911	0,1637
Relação café cereja e café coco	0,8621 ^{NS}	1,0961 ^{NS}	0,5268	0,1554
Relação café cereja e café beneficiado	0,9039 ^{NS}	0,3644 ^{NS}	0,7380	0,1314
Relação café coco e café beneficiado	0,9543 ^{NS}	0,2974 ^{NS}	0,6958	0,1487
Porcentagem de peneira média	0,9083 ^{NS}	0,0437 ^{NS}	0,9309	0,1211
Rendimento (litros de café da roça/saca beneficiada de 60 kg)	0,9553 ^{NS}	1,0286 ^{NS}	0,2869	0,1765

^{NS}Não significativo pelo teste de Shapiro-Wilk e teste Q.

Fonte: Elaboração dos autores.

O prosseguimento da meta-análise se deu com a aplicação do teste de homogeneidade entre as estimativas de herdabilidade com base na estatística Q. O teste de homogeneidade é importante na decisão de qual modelo deve ser adotado, se de efeito fixo ou aleatório. O modelo de efeito fixo pressupõe homogeneidade entre as estimativas de herdabilidade, ao passo que o modelo de efeito aleatório considera a variabilidade existente entre as estimativas. A hipótese de homogeneidade entre as estimativas de herdabilidade foi aceita para todas as características e, nestas condições um modelo de efeito fixo foi adotado (Tabela 2).

Em trabalhos com aplicação da meta-análise verificou-se que a hipótese de homogeneidade entre as estimativas de herdabilidade para características de crescimento em bovinos de corte foi rejeitada e, o modelo de efeito aleatório foi utilizado (GIANNOTTI et al., 2005a; GIANNOTTI; PACKER; MERCADANTE, 2005b). O mesmo foi observado para estimativas de correlação genética entre pesos ao nascer e a desmama de bovinos (GIANNOTTI; PACKER; MERCADANTE, 2002). Mesmo sendo de domínio agrícola estes resultados diferem dos obtidos no presente estudo. Contudo, é necessário salientar que os trabalhos de Giannotti, Packer e Mercadante (2002), Giannotti et al. (2005a) e Giannotti e Packer; Mercadante (2005b) são realizados com espécie animal enquanto que o presente estudo é feito com espécie vegetal. Tendo em vista a carência de estudos com meta-análise na área de produção vegetal faz-se necessário que mais trabalhos sejam feitos.

Na Tabela 2 encontram-se as estimativas combinadas das herdabilidades para as características avaliadas e os desvios padrões combinados associados às estimativas combinadas das herdabilidades. Para a maior parte das características avaliadas, com exceção do diâmetro do caule e do rendimento, foram encontrados altos valores para as estimativas combinadas de herdabilidade, refletindo a grande variedade genética dos cafeeiros, além de possibilitar que

ganhos genéticos satisfatórios possam ser atingidos em programas de melhoramento em que essas características são avaliadas.

De acordo com Borém (2001), a herdabilidade varia de acordo com as diversas características agrônômicas. Uma das teorias é que as características que se desenvolvem em um curto período estariam menos sujeitas ao ambiente e, assim, apresentariam maior herdabilidade do que as sujeitas a maior período. Dessa forma, o tamanho do fruto é mais herdável do que o diâmetro do caule, pois este é determinado em menor número de dias quando comparado ao diâmetro do caule, conforme pode ser verificado no presente estudo por meio da estimativa combinada das herdabilidades para essas características (Tabela 2).

A magnitude das herdabilidades é muito importante em programas de melhoramento, pois, se uma característica é altamente herdável, pode-se afirmar que pais com alto desempenho tenderão a produzir progênes, também com alto desempenho (RAMALHO; SANTOS; PINTO, 2008; BORÉM, 2001). Em programa de melhoramento animal, Bourdon (2000) considera pouco herdáveis estimativas com valores abaixo de 0,20, moderadamente herdáveis estimativas com valores entre 0,20 e 0,40 e altamente herdáveis estimativas com valores superiores a 0,40. Já para programas de melhoramento vegetal, não existem valores específicos para a magnitude das estimativas da herdabilidade. Verifica-se uma tendência de que os menores valores das estimativas estejam relacionados aos maiores desvios padrões, conforme foi observado para as características do diâmetro do caule e rendimento (litros de café da roça por saca beneficiada de 60 kg) (Tabela 2).

Assim, em futuros programas de melhoramento genético do *C. canephora*, para as características do diâmetro do caule e rendimento (litros de café da roça por saca beneficiada de 60 kg) maiores cuidados devem ser tomados, especialmente no que se refere à geração em que se dará esse

processo, assim como o tamanho da população e aos cuidados experimentais, isto é, deve-se escolher criteriosamente o delineamento, atentando para o tamanho da parcela e os demais cuidados necessários à condução do experimento (RAMALHO; SANTOS; ZIMMERMANN, 1993), visando a obtenção de uma maior precisão experimental que implicará na maior magnitude da herdabilidade.

As estimativas combinadas das herdabilidades encontradas neste estudo podem contribuir muito para o avanço do melhoramento genético do cafeeiro, servindo de referências para futuras consultas dos valores de herdabilidade, principalmente para os futuros trabalhos de melhoramento genético de *C. canephora* a serem instalados.

Conclusões

O uso da técnica de meta-análise mostra-se eficiente para sintetizar os resultados dos estudos de estimativa de herdabilidade obtidos em experimentos de avaliação das características relacionadas ao desenvolvimento e a produção de grãos em cafeeiros da espécie *C. canephora*.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

Referências

ARTHUR, W. J.; BENNETT, W. J.; HUFFCUTT, A. I. *Conducting meta-analysis using SAS*. 2. ed. New Jersey: Psychology Press, 2008. 188 p.

BERGMANN, J.; GONZÁLEZ, A.; ZARBIN, P. H. G. Insect pheromone research in South America. *Journal of Brazilian Chemical Society*, São Paulo, v. 20, n. 7, p. 1206-1219, 2009.

BERTRAND, B.; DURÁN-PEÑA, M. X.; ANZUETO, F.; CILAS, C.; ETIENNE, H.; ANTHONY, F.; ESKES, A. B. Genetic study of *Coffea canephora* coffee tree resistance to *Meloidogyne incognita* nematodes in Guatemala and

Meloidogyne sp. nematodes in El Salvador for selection of rootstock varieties in Central America. *Euphytica*, Dordrecht, v. 113, n. 2, p. 79-86, 2000.

BORÉM, A. *Melhoramento de plantas*. 3. ed. Viçosa: UFV, 2001. 500 p.

BOURDON, G. E. P. *Understanding animal breeding*. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 2000. 538 p.

BROCKWELL, S. E.; GORDON, I. R. A comparison of statistical methods for meta-analysis. *Statistics in Medicine*, Chichester, v. 20, n. 6, p. 825-840, 2001.

BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. *Estatística básica*. 5. ed. São Paulo: Saraiva, 2003. 526 p.

EUGÈNE, M.; ARCHIMÈDE, H.; SAUVANT, D. Quantitative meta-analysis on the effects of defaunation of the rumen on growth, intake and digestion in ruminants. *Livestock Production Science*, Amsterdam, v. 85, n. 1, p. 81-97, 2004.

FAGARD, R. H.; STAESSEN, J. A.; THIJS, L. Advantages and disadvantages of the meta-analysis approach. *Journal of Hypertension*, London, v. 14, p. 9-13, 1996. Supplement 2.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. *Introduction to quantitative genetics*. Edinburgh: Addison Wesley Longman, 1996. 464 p.

FERRÃO, R. G.; CRUZ, C. D.; FERREIRA, A.; CECON, P. R.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A. da; CARNEIRO, P. C. S. de; SILVA, M. F. de. Parâmetros genéticos em café Conilon. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 43, n. 1, p. 61-69, 2008.

GIANNOTTI, J. D. G.; PACKER, I. U.; MERCADANTE, M. E. Z. Meta-análise para estimativas de herdabilidade para características de crescimento em bovinos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 34, n. 4, p. 1173-1180, 2005b.

_____. Meta-análise para estimativas de correlação genética entre pesos ao nascer e desmama de bovinos. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 59, n. 3, p. 435-440, 2002.

GIANNOTTI, J. D. G.; PACKER, I. U.; MERCADANTE, M. E. Z.; LIMA, C. G. de. Análise de agrupamento para implementação da meta-análise em estimativas de herdabilidade para características de crescimento em bovinos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 34, n. 4, p. 1165-1172, 2005a.

GLASS, G. V. Primary, secondary, and meta-analysis of research. *Educational Researcher*, Washington, v. 6, n. 10, p. 3-8, 1976.

- HAUPTLI, L.; HAUSCHILD, L.; LOVATTO, P. A. Adição de extratos vegetais e antimicrobianos de síntese para leitões na creche: Estudo meta-analítico. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 7, in press, 2007.
- HEDGES, L. V.; OLKIN, I. *Statistical methods for meta-analysis*. London: Academic Press, 1985. 369 p.
- IVOGLO, M. G.; FAZUOLI, L. C.; OLIVEIRA, A. C. B.; GALLO, P. B.; MISTRO, J. C.; SILVAROLLA, M. B.; TOMA-BRAGHINI, M. Divergência genética entre progênies de café robusta. *Bragantia*, Campinas, v. 67, n. 4, p. 823-831, 2008.
- KOOTS, K. R.; GIBSON, J. P.; SMITH, C.; WILTON, J. W. Analysis of published genetic parameter estimates for beef production traits. 1. Heritability. *Animal Breeding Abstracts*, Wallingford, v. 62, n. 5, p. 309-338, 1994.
- LOVATTO, P. A.; LEHNEN, C. R.; ANDRETA, I.; CARVALHO, A. D.; HAUSCHILD, L. Meta-análise em pesquisas científicas – enfoque em metodologias. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 36, p. 285-294, 2007. Suplemento especial.
- LOVATTO, P. A.; SAUVANT, D. Méta-analyse et modélisation de l'ingestion volontaire chez le porc en croissance. *Journées Rech. Porcine en France*, Paris, v. 34, p. 129-134, 2002.
- MARTIN, O.; SAUVANT, D. Meta-analysis of input/output kinetics in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, Savoy, v. 85, n. 12, p. 3363-3381, 2002.
- OFFNER, A.; BACH, A.; SAUVANT, D. Quantitative review of in situ starch degradation in the rumen. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v. 106, n. 1-4, p. 81-93, 2003.
- RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. A. B. P. 4. ed. *Genética na agropecuária*. Lavras: UFLA, 2008. 463 p.
- RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; ZIMMERMANN, M. J. O. *Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro*. Goiânia: UFG, 1993. 271 p.
- SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, London, v. 52, n. 3-4, p. 591-611, 1965.
- VASCONCELOS, E. S. de; REIS, M. S.; SEDIYAMA, T.; CRUZ, C. D. Estimativas de parâmetros genéticos da qualidade fisiológica de sementes de genótipos de soja produzidas em diferentes regiões de Minas Gerais. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 33, n. 1, p. 65-76, 2012.

