

PREDIÇÃO DE POPULAÇÕES F_3 A PARTIR DE DIALELOS DESBALANCEADOS¹

ANTONIO OLIVEIRA JÚNIOR², GLAUCO VIEIRA MIRANDA³ e COSME DAMIÃO CRUZ⁴

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi prever as propriedades de populações segregantes F_3 (combinações híbridas) a partir de estudos dialélicos na geração F_1 . Para isso, foram avaliadas oito combinações híbridas, obtidas de cruzamentos compatíveis entre sete progenitores (Diacol Andino, Ica Lhanogrande, Ica Tundama, Rojo 70, Rio Tibagi, Carioca e Roxo), por meio dos esquemas de análises de cruzamentos dialélicos desbalanceados circulante e de meia-tabela. As combinações híbridas F_1 e os progenitores foram conduzidos no delineamento inteiramente casualizado, com número de repetições por tratamento variável, e em casa de vegetação. A geração F_3 foi conduzida em dois locais, em condições de campo, em delineamento de blocos completos casualizados. Foram avaliados os caracteres número de vagens por planta (NVP) e peso de sementes por planta (PSP). A predição por meio dos efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) na F_1 foi mais eficiente que a predição a partir do desempenho observado no F_1 com relação à média dos dois caracteres agrônômicos das populações segregantes F_3 (combinações híbridas). Foram constatadas correlações negativas entre as gerações observadas e previstas, quando se utilizaram as informações do dialelo circulante desbalanceado.

Termos para indexação: feijão comum, capacidade geral de combinação, híbridos.

PREDICTION OF F_3 POPULATIONS BASED ON UNBALANCED DIALLEL CROSSING SYSTEMS

ABSTRACT - The objective of this paper was to predict the properties of F_3 generation of the dry bean based on F_1 generation data from diallel crosses. Eight hybrid combinations from compatible crosses between seven parents (Diacol Andino, Ica Lhanogrande, Ica Tundama, Rojo 70, Rio Tibagi, Carioca, and Roxo) were analyzed by comparing the unbalance circulating and partial diallel crossing systems. The F_1 hybrid combinations and the parents were arranged in a complete randomized design with varying number of replications per treatment under greenhouse conditions. The F_3 generation was grown in two areas under field conditions in a complete randomized block design. The following traits, number of pods per plant and seed weight per plant, were evaluated. Prediction based upon general capacity of combination (CGC) in F_1 generation was more efficient than performance in F_1 generation to predict F_3 segregant hybrid combinations. Negative correlation between the generations observed and the predicted generations was noted when the unbalanced circulating diallel crossing systems were used.

Index terms: dry bean, general combining ability, hybrids.

INTRODUÇÃO

O melhoramento requer muita mão-de-obra e um extenso tempo para a sua execução. Um grande auxílio, para os melhoristas de plantas, é a predição de resultados de gerações avançadas a partir de

estudos em gerações iniciais, visando à seleção de plantas ou famílias que contêm as combinações gênicas desejáveis. O trabalho de seleção entre e dentro dessas famílias poderia ser mais intenso, uma vez que os materiais com combinações gênicas menos favoráveis seriam preliminarmente descartados.

Os parâmetros genéticos necessários para a predição são de obtenção relativamente fácil e comumente estimados na fase inicial de um programa de melhoramento. Embora alguns complicadores como epistasia, desequilíbrio de ligação gênica, interação genótipo x ambiente e

¹ Aceito para publicação em 13 de agosto de 1998.

² Eng. Agr., M.Sc., Dep. de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa (UFV) CEP 36571-000 Viçosa, MG.

³ Eng. Agr., D.Sc., Prof. Adjunto, Dep. de Fitotecnia, UFV. E-mail: glauco@mail.ufv.br

⁴ Eng. Agr., D.Sc., Prof. Titular, Dep. de Biologia Geral, UFV.

desvios da normalidade possam interferir na predição, a experiência prática tem demonstrado que desses complicadores – a exceção da epistasia –, espera-se que não causem sérias dificuldades (Jinks & Perkins, 1972).

Kemphorne & Curnow (1961) apresentaram, do ponto de vista teórico, a utilização de informações provenientes do esquema de dialelo circulante para predição de médias de vários cruzamentos. Analisando estimativas obtidas a partir do modelo $Y_{ij} = m + g_i + g_j$, em que Y_{ij} é a média predita para população, m é a média geral do dialelo, g_i é o efeito da capacidade geral de combinação (CGC) do progenitor i , e g_j é o efeito da CGC do progenitor j , os autores avaliaram a eficiência do método, pela comparação dos erros envolvidos nas estimativas, o que evidencia a validade da utilização dos parâmetros na predição de combinações híbridas.

Jinks & Pooni (1976), Pooni et al. (1977), Pooni & Jinks (1978) e Pooni et al. (1978) mostraram que as propriedades das linhas recombinantes de um cruzamento entre um par de linhas endogâmicas podem ser preditas com informações das primeiras gerações de um cruzamento. Porém, essa predição só será válida se as linhas forem avaliadas em um único local. Para resolver esse problema, Jinks & Pooni (1980) estenderam as predições do desempenho médio das linhas endogâmicas para vários ambientes. Para isso, utilizaram famílias F_3 e cruzamentos triplos de *Nicotiana rustica*, e assumiram que os efeitos de dominância e outras fontes de variação não-aditiva não eram importantes. Os autores compararam a predição com uma amostra aleatória de famílias F_7 dos cruzamentos estudados, produzidas pelo método de melhoramento genealógico modificado, também conhecido como SSD. Concluíram que a predição foi eficiente para prever o peso final, mas não foi boa para prever dias para florescimento e que as predições com base em F_3 são mais fáceis de serem obtidas, pois essas famílias são naturalmente obtidas em plantas autógamas.

Toledo et al. (1984) predisseram as propriedades de híbridos de segundo ciclo, produzidos pelo intercruzamento de uma amostra aleatória de linhas endogâmicas recombinantes da geração F_2 de um cruzamento entre duas linhas puras. Concluíram que experimentos simples incluindo variedades, proge-

nitores e as gerações F_1 e F_2 são suficientes para obter as informações com o propósito prático.

Posteriormente, Pooni & Jinks (1985) predisseram as propriedades de híbridos de primeiro e segundo ciclos obtidos de dois, três ou quatro progenitores envolvidos nos cruzamentos. Os autores concluíram que experimentos simples constituídos das gerações F_1 , F_2 e progenitores de um cruzamento simples são suficientes para obter estimativas das predições de linhas endogâmicas e podem ser usados para prever suas propriedades quando a informação sobre os híbridos de segundo ciclo não são requeridos ou as gerações remanescentes não estão disponíveis. Informações das gerações F_2 , retrocruzamentos e cruzamentos triplos e duplos de progênies cruzadas aleatoriamente melhoram a acurácia das predições na presença de desequilíbrio de ligação. Entretanto, os ganhos obtidos não justificam os custos adicionais dos cruzamentos e condução das gerações.

Toledo (1987) utilizou estimativas das gerações F_2 e F_3 e progenitores para prever o potencial de cruzamento entre variedades de soja e obteve resultados conclusivos.

Toledo (1992) utilizou a média obtida de teste de linhagens de soja e os coeficientes de parentesco de Malécot dos progenitores obtidos de genealogias para prever os cruzamentos superiores de variedades de soja, e concluiu que o método foi adequado.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência da predição do potencial de populações segregantes F_3 (combinações híbridas) a partir de estudos dialélicos na geração F_1 .

MATERIAL E MÉTODOS

Utilizaram-se dois grupos de cultivares de feijão: um, oriundo do Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colômbia, (Diacol Andino, Ica Lhanogrande, Ica Tundama e Rojo 70); e o outro, utilizado no Brasil (Rio Tibagi, Carioca e Roxo).

Por meio de cruzamentos artificiais compatíveis, entre cada par de cultivares progenitores, obtiveram-se oito combinações híbridas F_1 , as quais foram avaliadas com base no valor médio das duas plantas, juntamente com seus sete progenitores, em delineamento inteiramente casualizado, em casa de vegetação.

Na geração F₃, as avaliações foram realizadas em dois locais: uma, no campo experimental do Setor de Genética, e a outra, no campo experimental do Setor de Agronomia, ambos no Campus da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG, durante o ano agrícola de 1991/92. Os experimentos foram constituídos por oito combinações híbridas, sete progenitores, e as cultivares CNF 5547, Ouro, Ouro Negro, Vermelho 2157, e Rico 1735, tomados como testemunhas. Utilizou-se o delineamento em blocos completos casualizados com quatro repetições. A parcela experimental foi composta por duas fileiras de 5,0 m de comprimento e com espaços, entre si, de 0,6 m.

Os caracteres avaliados foram o número de vagens por planta (NVP) e o peso de sementes por planta (PSP), em gramas.

O método de análise referente aos dialelos circulante e de meia-tabela desbalanceados foi utilizado de acordo com Martins Filho et al. (1992).

O cálculo de médias preditas das combinações híbridas foi expresso por:

$$Y_{pij} = \mu + g_i + g_j,$$

em que:

Y_{pij} = média predita para população segregante F₃ resultante do cruzamento entre os progenitores;

μ = média geral do dialelo, incluindo os progenitores e as F₁'s;

g_i = efeito da capacidade geral de combinação (CGC) do progenitor i, estimada no dialelo, incluindo progenitores e F₁'s;

g_j = efeito da CGC do progenitor j, estimada no dialelo, incluindo progenitores e F₁'s.

Neste estudo, considerou-se a possibilidade de o melhorista selecionar ou descartar populações derivadas dos híbridos F₁'s, baseando-se na média experimental observada ou predita do F₁, obtida dos efeitos da capacidade geral de seus respectivos progenitores. Portanto, foram conduzidas todas as populações até em F₃, para avaliar o melhor critério, caso se praticasse a seleção ou o descarte em F₁.

Assim, avaliou-se a eficiência da predição do desempenho de gerações avançadas e a identificação do melhor critério de seleção, por meio dos coeficientes de correlação, entre as médias observadas na geração F₃, e as médias preditas e observadas a partir do dialelo, incluindo pais e F₁'s.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os efeitos da capacidade geral de combinação (CGC), nos esquemas de análise de dialelos circulante e de meia-tabela desbalanceados, são apresentados na Tabela 1.

As estimativas de CGC, quando baixas, positivas ou negativas, indicam que o valor da CGC dos progenitores, obtido com base em seus híbridos com os demais, não difere muito da média geral dos cruzamentos dialélicos. Quando as estimativas de CGC, positivas e negativas, são altas, indicam que os progenitores em questão são superiores ou inferiores aos demais incluídos no dialelo, com relação ao comportamento médio dos cruzamentos (Sprague & Tatum, 1942; Vencovsky, 1987).

Esses valores de CGC constituem uma indicação dos genes que são predominantemente aditivos em seus efeitos, sendo indicados os progenitores com as mais altas estimativas, para a constituição de novas populações, visando à obtenção de maior progresso genético em programas de melhoramento intrapopulacional.

Quanto ao caráter NVP, as estimativas de CGC variam de -1,51 a 3,29. Tanto no esquema dialélico circulante quanto no de meia-tabela desbalanceados, o progenitor Rio Tibagi se destacou, sendo o único a apresentar valores positivos de CGC. Assim, concluiu-se que este progenitor apresenta maior contribuição genética favorável ao aumento do NVP.

Quanto ao caráter PSP, os efeitos de CGC variaram de -2,52 a 2,41. Os progenitores Diacol Andino e Rio Tibagi, em ambos os esquemas de cruzamentos dialélicos, e Ica Lhanogrande, somente no esquema dialélico circulante desbalanceado apresentaram valores altos e positivos de CGC. Esses resultados indicam que os progenitores Diacol Andino, Rio Tibagi e Ica Lhanogrande são os de maior potencial para o aumento do PSP. O progenitor Rio Tibagi deve ser destacado, pelo fato de ter apresentado resultados mostrando aumento tanto em NVP como em PSP.

Assim, sugere-se a utilização das estimativas dos efeitos de CGC por motivo de sua eficiência na identificação de progenitores superiores, como, no presente estudo, Diacol Andino, Rio Tibagi e Ica Lhanogrande, para a formação de população-base visando a programas de melhoramento intrapopulacional.

Nienhuis & Singh (1986), trabalhando com diferentes populações, tamanhos de sementes e hábito de crescimento, obtiveram, de modo geral, altos efeitos de CGC para PSP, como ocorreu neste

trabalho. Esses autores, utilizando três tamanhos de sementes e três tipos de hábito de crescimento (I, II e III), verificaram que os progenitores com sementes médias e tipos II e III deram altos efeitos de CGC para PSP, e, de modo geral, os progenitores de tipo intermediário (II e III) apresentaram efeitos positivos de CGC referentes a caracteres relacionados a porte de planta. Por outro lado, os progenitores de tipo determinado mostraram efeitos negativos de CGC.

O esquema de análise dialélica circulante, proposto por Kempthorne & Curnow (1961), permite a predição de combinações híbridas ainda não avaliadas no delineamento experimental, com base nas capacidades gerais de combinação, ignorando-se os efeitos da capacidade específica de combinação. Isso é válido quando a magnitude da variância aditiva (CGC) for relativamente superior à da não-aditiva (CEC). No presente trabalho, apesar de tanto a CGC quanto a CEC terem sido significativas na maioria dos caracteres avaliados, há indicativo da superioridade da CGC devido à maior magnitude dos quadrados médios da CGC em relação aos da CEC (Tabela 1). Assim, há indicativo da eficiência da predição dos valores genéticos dos materiais estudados, os quais são apresentados nas Tabelas 2 e 3.

Na Tabela 2, considerando-se o caráter NVP, destacam-se os híbridos preditos (F_{1p}) Diacol Andino

X Rio Tibagi e Rojo 70 X Rio Tibagi e na Tabela 3, Diacol Andino X Rio Tibagi e Ica Lhanogrande X Rio Tibagi, que têm em comum com os híbridos anteriores o progenitor Rio Tibagi, contribuindo, assim, para o aumento do número de vagens por planta.

Com relação ao aumento do caráter PSP, dentre os híbridos preditos (F_{1p}), merece destaque, na Tabela 2: Diacol Andino X Rio Tibagi e Rojo 70 X Rio Tibagi; e na Tabela 3, Diacol Andino X Rio Tibagi e Ica Lhanogrande X Rio Tibagi.

Portanto, observa-se que os valores de F_1 preditos, tanto para NVP quanto PSP, mostraram ser melhores os híbridos oriundos dos cruzamentos em que os progenitores Diacol Andino e Rio Tibagi, de altas CGC, estavam presentes.

Analisando os valores obtidos nos híbridos F_3 (F_{30}), nos experimentos da Genética e da Agronomia e considerando os dois esquemas dialélicos, constata-se que os híbridos Diacol Andino X Rio Tibagi e Rojo 70 X Rio Tibagi tiveram desempenho superior, concordando com os híbridos F_1 preditos. Entretanto, o híbrido Carioca X Roxo, com predição (F_{1p}) de desempenho inferior em relação aos caracteres NVP e PSP, também se destacou nos dois experimentos no tocante à população F_3 observada.

A eficiência da predição da superioridade das populações segregantes F_3 , a partir de estudos da CGC, com base na geração F_1 , pode também ser avaliada pelas altas magnitudes dos coeficientes de cor-

TABELA 1. Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação de cultivares de feijão nos dialelos circulante (DC) e meia-tabela (DM) desbalanceados, no tocante ao número de vagens por planta e peso de sementes por planta.

Progenitores	Número de vagens por planta		Peso de sementes por planta	
	DM	DC	DM	DC
Diacol Andino	-0,91	-0,07	1,00	1,54
Ica Lhanogrande	-	-1,02	-	2,41
Ica Tundama	-1,51	-1,14	-2,52	-1,40
Rojo 70	-0,98	-0,40	-0,19	0,14
Rio Tibagi	3,29	3,22	1,60	1,63
Carioca	-	-0,44	-	-1,94
Roxo	-	-0,02	-	-0,40
QM(CGC)	137,04**	57,17**	86,75**	107,24**
QM(CEC)	23,60**	15,11 ^{ns}	56,40**	59,69**

^{ns} e ^{**} Não-significativo e significativo a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

TABELA 2. Valores médios, do F₁ e F₃ observados e F₁ predito, do número de vagens por planta e peso de sementes por planta, relativos aos híbridos de feijão avaliados no dialelo de meia-tabela desbalanceado¹.

Híbrido	Número de vagens por planta				Peso de sementes por planta			
	F _{1o}	F _{1p}	F _{3o} (G)	F _{3o} (A)	F _{1o}	F _{1p}	F _{3o} (G)	F _{3o} (A)
Diacol Andino X IcaTundama	8,6	10,71	4,28	5,04	14,15	14,59	4,89	3,78
Diacol Andino X Rojo 70	13,75	11,24	4,68	3,92	15,06	16,92	5,01	4,80
Diacol Andino X Rio Tibagi	11,67	15,51	9,49	8,00	13,83	18,71	9,35	6,16
Ica Tundama X Rojo 70	9,50	10,64	5,68	6,15	4,50	13,40	5,71	5,44
Rojo 70 X Rio Tibagi	14,60	15,44	8,60	8,03	20,40	17,61	7,20	5,80
Média		13,13			16,11			

¹ F_{1o}: F₁ observado; F_{1p}: F₁ predito; F_{3o} (G): F₃ observado no experimento da Genética; F_{3o} (A): F₃ observado no experimento da Agronomia.

TABELA 3. Valores médios, do F₁ e F₃ observados, e F₁ predito, do número de vagens por planta e peso de sementes por planta, relativos aos híbridos de feijão avaliados no dialelo circulante desbalanceado¹.

Híbrido	Número de vagens por planta				Peso de sementes por planta			
	F _{1o}	F _{1p}	F _{3o} (G)	F _{3o} (A)	F _{1o}	F _{1p}	F _{3o} (G)	F _{3o} (A)
Diacol Andino X Rio Tibagi	11,67	15,46	9,49	8,00	13,83	18,60	9,35	6,16
Ica Lhanogrande X Ica Tundama	10,30	10,15	4,07	4,54	19,65	16,44	5,46	3,06
Ica Lhanogrande X Rio Tibagi	14,00	14,51	5,80	7,71	21,75	19,47	5,08	5,86
Ica Tundama X Rojo 70	9,50	10,77	5,68	6,15	4,50	14,17	5,71	5,44
Rojo 70 X Carioca	13,87	11,47	5,71	7,53	15,75	13,63	5,26	6,19
Carioca X Roxo	11,50	11,85	9,24	10,12	10,94	13,09	8,91	9,75
Média		12,13			15,43			

¹ F_{1o}: F₁ observado; F_{1p}: F₁ predito; F_{3o} (G): F₃ observado no experimento da Genética; F_{3o} (A): F₃ observado no experimento da Agronomia.

relação, exceto no que tange ao PSP (Tabela 4). Portanto, pode-se concluir que o efeito da CGC é um bom preditor do desempenho de populações segregantes F₃.

Na Tabela 3, verifica-se que a predição de populações segregantes pelo desempenho dos valores observados da F₁ (F_{1o}) é inadequada, pois os maiores valores observados quanto ao NVP e ao PSP não concordam com os maiores valores médios observados em F₃ (F_{3p}), e ainda, que os valores observados na F₁ apresentam baixa magnitude da associação com os valores observados em F₃ (Tabela 4). Tal fato tem fundamento nos princípios da Genética Quantitativa, uma vez que o valor fenotípico do F₁ é fortemente determinado pelos efeitos heteróticos

condicionados pelos desvios da dominância, que não são repassados para gerações posteriores. Como os fatores genéticos herdáveis são os de natureza aditiva, é aceitável que a predição seja mais eficiente quando a informação do híbrido se fundamenta unicamente nos efeitos da capacidade geral de combinação. Assim, verificou-se que as correlações entre as médias das gerações F₃ e da F₁ preditas foram de magnitude elevada, o que revela que os estudos dialélicos são de grande utilidade para o melhorista.

Apesar de a predição da geração F₃ ter sido satisfatória quanto ao caráter NVP, nos dois esquemas dialélicos, e quanto ao PSP, no dialelo de meia-tabela, encontrou-se uma correlação negativa quando se utilizaram as informações do dialelo circulante

TABELA 4. Estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica (r_f), referentes a número de vagens por planta (NVP) e peso de sementes por planta (PSP), relativos à predição da geração F_3 a partir da F_1 .

Correlação ¹	Dialelo meia-tabela desbalanceado		Dialelo circulante desbalanceado	
	NVP	PSP	NVP	PSP
F_{1o} X F_{3o} (G)	0,45	0,22	0,06	-0,32
F_{1o} X F_{3o} (A)	0,23	0,03	0,43	-0,36
F_{1p} X F_{3o} (G)	0,96	0,73	0,59	-0,02
F_{1p} X F_{3o} (A)	0,86	0,56	0,47	-0,40

¹ F_{1o} : F_1 observado; F_{1p} : F_1 predito; F_{3o} (G): F_3 observado no experimento da Genética; F_{3o} (A): F_3 observado no experimento da Agronomia.

desbalanceado quanto ao PSP. A baixa predição pode, entre outros fatores, ser atribuída à inabilidade da técnica em prever, por exemplo, o bom desempenho de certas combinações híbridas, como o da Carioca x Roxo, o que indica a necessidade de estudos adicionais. No entanto, a eficiência da predição de médias do modelo de Kempthorne & Curnow (1961) foi comprovada, por meio dos valores satisfatórios dos coeficientes de determinação, obtidos em estudos com milho (Martins, 1986; Gonçalves, 1987; Dantas, 1988).

CONCLUSÕES

1. A predição por meio dos efeitos da CGC na F_1 é mais eficiente que a predição a partir do próprio desempenho observado na F_1 .

2. Há correlações negativas entre as gerações observadas e as previstas, quando se utilizam as informações do dialelo circulante desbalanceado.

REFERÊNCIAS

- DANTAS, A.C.V.L. **Cruzamento dialélico parcial circulante para avaliação de linhagens de milho (*Zea mays* L.) e predição de híbridos**. Piracicaba: ESALQ, 1988. 153p. Tese de Mestrado.
- GONÇALVES, P. de S. **Esquema circulante de cruzamentos para avaliação de linhagens de milho (*Zea mays* L.) ao nível interpopulacional**. Piracicaba: ESALQ, 1987. 140p. Tese de Doutorado.
- JINKS, J.L.; PERKINS, J.M. Predicting the range of inbred lines. **Heredity**, Oxford, v.28, n.3, p.399-403, 1972.
- JINKS, J.L.; POONI, H.S. Predicting the properties of recombinant inbred lines derived by single seed descent. **Heredity**, Oxford, v.36, n.2, p.253-266, 1976.
- JINKS, J.L.; POONI, H.S. Comparing predictions of mean performance and environmental sensitivity of recombinant inbred lines based upon F_3 and triple test cross families. **Heredity**, Oxford, v.45, n.3, p.305-312, 1980.
- KEMPTHORNE, O.; CURNOW, R.N. The partial diallel cross. **Biometrics**, Washington, v.17, n.1, p.229-250, 1961.
- MARTINS, C.S. **Potencial genético de linhagens e híbridos de duas populações de milho (*Zea mays* L.) braquítico**. Piracicaba: ESALQ, 1986. 143p. Tese de Mestrado.
- MARTINS FILHO, S.; CRUZ, C.D.; SEDIYAMA, C.S. Analysis of unbalanced diallel crosses. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.15, n.4, p.853-869, 1992.
- NIENHUIS, J.; SINGH, S.P. Combining ability analyses and relationships among yield, yield components, and architectural traits in dry bean. **Crop Science**, Madison, v.26, n.1, p.21-27, 1986.
- POONI, H.S.; JINKS, J.L. Predicting the properties of first cycle inbreds and second cycle hybrids extractable from two, three and four parent crosses. **Heredity**, Oxford, v.54, n.3, p.397-411, 1985.
- POONI, H.S.; JINKS, J.L. Predicting the properties of recombinant inbred lines derived by single seed descent for two or more characters simultaneously. **Heredity**, Oxford, v.40, n.3, p.349-361, 1978.

- POONI, H.S.; JINKS, J.L.; CORNISH, M.A. The causes and consequences of non-normality in predicting the properties of recombinant inbred lines. **Heredity**, Oxford, v.38, n.3, p.329-338, 1977.
- POONI, H.S.; JINKS, J.L.; JAYASEKARA, N.E.M. An investigation of gene action and genotype X environment interaction in two crosses of *Nicotiana rustica* by triple test cross and inbred line analysis. **Heredity**, Oxford, n.1, v.41, p.83-92, 1978.
- SPRAGUE, G.F.; TATUM, L.A. General vs specific combining ability in single crosses of corn. **Journal of the American Society of Agronomy**, Geneva, v.34, n.10, p.923-932, 1942.
- TOLEDO, J.F.F. de. Mid parent and coefficient of parentage as predictors for screening among single crosses for their inbreeding potential. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.15, n.2, p.429-437, 1992.
- TOLEDO, J.F.F. de. Predicting the inbreeding and the outcrossing potential of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) varieties. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.10, n.3, p.543-558, 1987.
- TOLEDO, J.F.F. de; POONI, H.S.; JINKS, J.L. Predicting the properties of second cycle hybrids produced by intercrossing random samples of recombinant inbred lines. **Heredity**, Oxford, v.53, n.2, p.283-292, 1984.
- VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G.P. (Eds.). **Melhoramento e produção do milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p.135-214.