

# e *Desenvolvimento*

## Estimativas de capacidade de combinação em plântulas de batata



Foto: Arione da Silva Pereira

ISSN 1677-2229  
Abril, 2013

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Hortaliças  
Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento*

# ***Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 91***

## **Estimativas de capacidade de combinação em plântulas de batata**

Giovani Olegário da Silva  
Arione da Silva Pereira  
Velci Queiroz de Souza

Embrapa Hortaliças  
Brasília, DF  
2013

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Hortaliças**

Endereço: Rodovia BR-060, trecho Brasília-Anápolis, km 9  
Caixa Postal 218  
Brasília-DF  
CEP 70.351-970  
Fone: (61) 3385.9000  
Fax: (61) 3556.5744  
Home page: www.cnph.embrapa.br  
E-mail: cnph.sac@embrapa.br

**Comitê Local de Publicações da Embrapa Hortaliças**

Presidente: Warley Marcos Nascimento  
Editor Técnico: Fabio Akiyoshi Suinaga  
Supervisor Editorial: George James  
Secretária: Gislaine Costa Neves  
Membros: Mariane Carvalho Vidal  
          Jadir Borges Pinheiro  
          Ricardo Borges Pereira  
          Ítalo Morais Rocha Guedes  
          Carlos Eduardo Pacheco Lima  
          Marcelo Mikio Hanashiro  
          Caroline Pinheiro Reyes  
          Daniel Basílio Zandonadi

Normalização bibliográfica: Antonia Veras

Editoração eletrônica: André L. Garcia

**1ª edição**

1ª impressão (2013): 1.000 exemplares

**Todos os direitos reservados**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610)

**Dados internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Hortaliças

---

SILVA, G. O. da

Estimativas de capacidade de combinação em plântulas de batata /  
Giovani Olegário da Silva, Arione da Silva Pereira, Velci Queiroz de Souza.  
– Brasília, DF : Embrapa Hortaliças, 2013.  
17 p. – (Boletim Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Hortaliças,  
ISSN 1677-2229; 91).

1. Batata. 2. Embrião vegetal. 3. Recombinação. 4. Solanum tuberosum.  
I. Pereira, Arione da Silva. II. Sousa, Velci Queiroz de. III. Título. IV. Série.

CDD 633.491

---

© Embrapa, 2013

# Sumário

Resumo .....	5
Abstract.....	6
Introdução.....	7
Material e Métodos.....	7
Resultados e Discussão.....	8
Conclusões.....	9
Referências .....	10

# Estimativas de capacidade de combinação em plântulas de batata

---

*Giovani Olegário da Silva*<sup>1</sup>

*Arione da Silva Pereira*<sup>2</sup>

*Velci Queiroz de Souza*<sup>3</sup>

## Resumo

O objetivo deste trabalho foi verificar as estimativas das capacidades de combinação de genitores de batata na geração de plântula. O experimento foi realizado na Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS (31°S, 52°W). Foram avaliadas 20 famílias derivadas de nove genitores cruzados em esquema de dialelo parcial 4 x 5 (C-1750-15-95, 2CRI-1149-1-78, C-1786-6-96 e 'Eliza'; 'White Lady', 'Asterix', 'BP-1', 'Vivaldi' e 'Ágria'). As famílias foram avaliadas na geração de plântula, utilizando o delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições. A parcela experimental foi constituída por uma amostra de 15 genótipos de cada família. Foram avaliados os caracteres rendimento, número e massa média de tubérculo. Os dados foram submetidos às análises de variância conjunta e dialélica parcial. Verificou-se efeito gênico predominantemente aditivo para o

---

<sup>1</sup> Eng. Agr., DSc. – Embrapa Hortaliças, Brasília, DF – giovani.olegario@embrapa.br

<sup>2</sup> Eng. Agr., DSc. – Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS – arione.pereira@embrapa.br

<sup>3</sup> Eng. Agr., DSc. – Centro de Educação Superior Norte, Frederico Westphalen, RS – velciq@smail.ufsm.br

rendimento, enquanto que para o número e massa média de tubérculos, constatou-se igualmente importantes tanto o efeito aditivo quanto o não aditivo,. Os clones 2CRI-1149-1-78 e 'Vivaldi' revelaram-se os genitores mais promissores para os três caracteres, o contrário foi verificado para C-1750-15-95, C-1786-6-96 e 'Asterix'. As melhores combinações de genitores seriam: 2CRI-1149-1-78 x 'Vivaldi' e 2CRI-1149-1-78 x 'White Lady', para número de tubérculos; e 2CRI-1149-1-78 x 'Asterix' para massa média de tubérculos.

**Palavras-chave:** *Solanum tuberosum* L., fatorial, dialelo parcial.

## Estimates of combining ability in early generations of selection of potatoes

---

### Abstract

The objective of this work was to estimate the combining ability of potato genotypes in the seedling generation. The experiment was carried out at Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS (31°S, 52°W). Twenty potato families derived from nine genotypes crossed in a 4 x 5 partial mating design (C-1750-15-95, 2CRI-1149-1-78, C-1786-6-96 and 'Eliza'; 'White Lady', 'Asterix', 'BP-1', 'Vivaldi' and 'Ágria') were evaluated. The families were evaluated in seedling generation, in a randomized complete block design, with three replications of 15 genotypes. Each plot consisted of a sample of 15 genotypes of a family. Yield, number and average tuber weight were evaluated. The data were submitted to analysis of variance and to partial diallel analysis. For yield, the gene additive effects predominated, while for tuber number and average tuber mass, both additive and non additive effect were equally important. The clones 2CRI-1149-1-78 and 'Vivaldi' showed to be the most promising parents for the three traits, the opposite was observed for C-1750-15-95, C-1786-6-96 and 'Asterix'. The best parent combinations are: 2CRI-1149-1-78 x 'Vivaldi' and

2CRI-1149-1-78 x 'White Lady', for tuber number, and 2CRI-1149-1-78 x 'Asterix' to tuber average mass.

**Index terms:** *Solanum tuberosum* L., factorial mating design, partial diallel.



## Introdução

A alta heterozigosidade e a herança tetraplóide da batata *Solanum tuberosum* L. dificultam a aplicação de vários modelos biométricos (GOPAL, 1998), devido a teoria genético-biométrica pressupor que a herança é dissômica e que a população das quais os pais são amostrados está em equilíbrio panmítico ou consiste de linhagens endogâmicas (BARBOSA; PINTO, 1998).

Para a seleção de genitores, uma das metodologias mais eficientes e comumente utilizadas em programas de melhoramento genético é a análise dialélica, a qual propicia estimativas de parâmetros úteis na seleção de genitores para hibridação e no entendimento da ação gênica envolvida na determinação dos caracteres e da existência de heterose (CRUZ et al., 2004), proporcionando assim grandes avanços para a seleção (JARAMILLO et al., 2005). Existem vários métodos para a análise de cruzamentos dialélicos, sendo que o proposto por Griffing (1956) é o mais empregado. Esse método proporciona informações a respeito da capacidade geral de combinação dos genitores (CGC), que está relacionada com a concentração de genes predominantemente aditivos, e da capacidade específica de combinação (CEC) relacionada com a concentração de genes de efeito basicamente não aditivo (dominância e epistasia) (CASTIGLIONI et al., 1999).

A dificuldade do estudo de um número grande de genitores no sistema completo fez com que fossem desenvolvidas adaptações como os dialelos parciais. Os dialelos parciais envolvem a avaliação de genitores dispostos em dois grupos, pertencentes ou não a um conjunto comum, sendo as inferências feitas para cada grupo (CRUZ et al., 2004).

O objetivo do presente trabalho foi estimar as capacidades de combinação de genitores e híbridos de batata em gerações iniciais de seleção, com intento de obter conhecimentos mais amplos sobre a eficiência da seleção em gerações precoces.

## Material e métodos

O experimento foi realizado na Embrapa Clima Temperado, em Pelotas, RS (31° S, 52° W). Foram avaliadas famílias híbridas de batata originadas a partir de cruzamentos controlados entre nove genitores de batata escolhidos ao acaso em modelo parcial de dois grupos de genitores (4x5), com o modelo do “experimento 2” de Comstock e Robinson (1948), que envolvem a avaliação de genitores dispostos em dois grupos, pertencentes ou não a um conjunto comum, segundo Cruz et al. (2004). Os cruzamentos proporcionaram vinte famílias para avaliação. Os quatro genitores do primeiro grupo foram: C-1750-15-95, 2CRI-1149-1-78, C-1786-6-96 e ‘Eliza’; e os cinco genitores do segundo grupo foram as cultivares: ‘White Lady’, ‘Asterix’, ‘BP-1’, ‘Vivaldi’ e ‘Ágria’.

Na primavera de 2004, foi produzida a geração de plântula em casa de vegetação, sendo as sementes botânicas germinadas em sementeiras e as plântulas transplantadas para sacos plásticos, contendo dois litros de substrato, para produção de minitubérculos. As plântulas foram distribuídas no delineamento de blocos ao acaso com três repetições. Cada parcela foi composta de uma amostra de 15 plântulas escolhidas aleatoriamente para representar cada cruzamento. O espaçamento entre plantas e entre linhas foi de 0,10 m. As plântulas foram mantidas nessas condições até a colheita, que ocorreu aos 77 dias, quando os tubérculos foram transportados para instalações apropriadas para serem efetuadas as avaliações. Após as avaliações, os tubérculos foram armazenados em câmara fria a 4°C. Os caracteres avaliados foram: rendimento de tubérculos (g/planta); número de tubérculos por planta e massa média de tubérculos (g).

Os dados foram transformados para  $\sqrt{x+0,50}$  para corrigir o efeito de ausência de normalidade (Lilliefors) (Campos, 1983) e foram submetidos à análise de homogeneidade de variância (teste de Bartlett) (STEEL; TORRIE, 1980). Posteriormente, foram utilizados para análise de variância e análise dialéctica parcial. Foram considerados efeitos fixos para genótipos, com utilização do programa GENES (CRUZ, 2006).

## Resultados e discussão

Neste ensaio foram avaliadas apenas as famílias, devido aos genitores apresentarem tubérculos maiores e, portanto, não poderem ser comparados com a geração de plântula. Segundo Tai e Young (1991) para se ter boas inferências não necessariamente deve-se incluir os genitores.

Para todos os caracteres observaram-se significância dos efeitos de genótipos. Os coeficientes de variação experimental, que são um indicativo da precisão experimental, foram reduzidos para todos os caracteres, variando de 9,51 a 16,69%, indicando que os resultados das avaliações são confiáveis.

Com exceção do rendimento de tubérculos que apresentou significância apenas para CGC, os demais caracteres foram significativos para os efeitos de CGC e CEC (Tabelas 1 e 2). Isso indica que para rendimento de tubérculos, há predominância de efeitos aditivos no controle genético do caractere, e que o desempenho da progênie pode ser

**Tabela 1.** Estimativas das capacidades gerais de combinação (CGC) para os genitores de batata dos grupos 1 e 2, utilizados em esquema de cruzamento dialélico parcial. Pelotas, 2007.

	NTU*	CGC Grupo 1 REN* (g/planta)	MAM* (g)
C-1750-15-95	-0,03	-0,08	-0,03
2CRI-1149-1-78	0,09	0,47	0,15
C-1786-6-96	0,07	-0,06	-0,16
'Eliza'	-0,13	-0,32	0,04
CGC Grupo 2			
	NTU*	REN* (g/planta)	MAM* (g)
White Lady	-0,01	0,41	-0,07
Asterix	-0,04	-0,40	-0,16
BP-1	0,06	-0,38	-0,14
Vivaldi	0,10	0,12	0,10
Ágria	-0,11	0,25	0,27

\*Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F; NTU = número de tubérculos; REN = rendimento de tubérculos; MAM = massa média de tubérculos.

previsto sem a realização dos cruzamentos e avaliação dos híbridos (BARBOSA; PINTO, 1998).

Os resultados obtidos discordam de Barbosa e Pinto (1998), Bradshaw et al. (2000) e Mullin e Lauer (1966) que verificaram significância da CEC e CGC para rendimento de tubérculos; bem como de Killick (1977), que constatou CEC significativa para rendimento de tubérculos, número de tubérculos e massa média de tubérculos. Além disto, Plaisted et al. (1962) observaram estimativas significativas de CEC para o rendimento de tubérculos.

Por outro lado, considerando os resultados referentes ao número de tubérculos e a massa média de tubérculos concordam com as estimativas obtidas por Barbosa e Pinto (1998) e Maris (1989). Este último autor detectou estimativa de CGC significativa para rendimento de tubérculos, massa média de tubérculos e número de tubérculos.

Neste estudo, não foi verificada a predominância de CGC ou CEC para os diferentes caracteres avaliados. Fato contrário foi observado por Gopal (1998) que verificou a predominância de CEC significativas. Assim, pode-se inferir que a importância da CGC ou CEC depende da população e dos caracteres considerados nos estudos. Na concepção de Maris (1989), estas estimativas também são dependentes do desenho experimental e/ou das condições ambientais.

Em relação às estimativas significativas de CGC dos genitores do grupo 1, os clones C-1750-15-95 e 'Eliza' foram os genitores de pior comportamento, com menores estimativas de CGC. Por outro lado, o clone 2CRI-1149-1-78 foi o melhor, com maior CGC para todos os caracteres avaliados, demonstrando ser um genitor promissor para número de tubérculos e para rendimento de tubérculos. (Tabela 1).

Em relação às CGC do grupo 2, o clone 'White Lady' expressou o melhor desempenho para rendimento de tubérculos; enquanto que os clones 'Asterix' e 'BP-1' foram os genitores de pior desempenho, sendo responsáveis por transferir características indesejáveis às progênies (Tabela 1).

**Tabela 2.** Capacidades específicas de combinação (CEC) para 20 híbridos de batata. Pelotas, 2007.

Cruzamento		CEC		
Grupo 1	Grupo 2	NTU*	REN (g/planta)	MAM* (g)
C-1750-15-95	White Lady	-0,23	-1,52	-0,33
C-1750-15-95	Asterix	-0,06	0,07	-0,13
C-1750-15-95	BP-1	0,04	-0,06	-0,03
C-1750-15-95	Vivaldi	0,05	0,38	0,28
C-1750-15-95	Ágria	0,18	1,14	0,24
2CRI-1149-1-78	White Lady	0,22	0,42	-0,16
2CRI-1149-1-78	Asterix	-0,15	0,12	0,45
2CRI-1149-1-78	BP-1	-0,06	-0,10	-0,14
2CRI-1149-1-78	Vivaldi	0,26	-0,03	-0,47
2CRI-1149-1-78	Ágria	-0,26	-0,41	0,34
C-1786-6-96	White Lady	-0,03	0,20	0,18
C-1786-6-96	Asterix	0,00	0,53	0,26
C-1786-6-96	BP-1	-0,07	-0,12	0,23
C-1786-6-96	Vivaldi	0,07	-0,14	-0,25
C-1786-6-96	Ágria	0,06	-0,47	-0,30
Eliza	White Lady	0,05	0,91	0,33
Eliza	Asterix	0,10	-0,72	-0,58
Eliza	BP-1	0,11	0,28	-0,03
Eliza	Vivaldi	-0,27	-0,22	0,46
Eliza	Ágria	-0,01	-0,26	-0,17

\*Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F; NTU= número de tubérculos; REN= rendimento de tubérculos; MAM= massa média de tubérculos.

O clone 'Vivaldi' mostrou bom desempenho como genitor, porém, 'Ágria' foi superior para a massa média de tubérculos, mas e inferior para o número de tubérculos. Este comportamento em relação à massa média de tubérculos e número de tubérculos já foi relatado por Maris (1988), Rodrigues e Pereira (2003), Gaur e Kishore (1978). Estes autores também verificaram a diminuição da massa média de tubérculos com o aumento do número de tubérculos. Esta é uma relação muito importante devido à influência na quantidade de tubérculos comerciais produzidos.

Através da análise da CEC do clone 2CRI-1149-1-78 confirmou-se sua superioridade para a geração de progênies com elevado número de tubérculos (Tabela 2), onde se destacam duas combinações envolvendo este genitor: 2CRI-1149-1-78 x 'Vivaldi' e 2CRI-1149-1-78 x 'White Lady', o que pode ser confirmado também pelas médias superiores expressas por estes híbridos (Tabela 3). Estes cruzamentos podem ser recomendados, pois segundo Cruz *et al.* (2004) deve existir pelo menos um dos genitores com elevada CGC, e isso foi verificado para 2CRI-1149-1-78.

**Tabela 3.** Estimativas das médias das combinações dos genitores para os caracteres rendimento (g/planta), massa média (g) e número de tubérculos. Pelotas, 2007.

Cruzamento Grupo 1	Grupo 2	NTU	Média	
			REN	MAM
C-1750-15-95	White Lady	4,07	48,12	12,01
C-1750-15-95	Asterix	5,29	71,37	14,20
C-1750-15-95	BP-1	5,69	83,44	16,31
C-1750-15-95	Vivaldi	5,56	86,23	16,90
C-1750-15-95	Agria	5,55	103,57	20,09
2CRI-1149-1-78	White Lady	6,87	88,48	14,57
2CRI-1149-1-78	Asterix	4,78	81,67	22,69
2CRI-1149-1-78	BP-1	5,82	92,65	16,93
2CRI-1149-1-78	Vivaldi	7,82	88,46	12,39
2CRI-1149-1-78	Agria	4,04	83,77	20,71
C-1786-6-96	White Lady	5,43	74,42	14,90
C-1786-6-96	Asterix	5,47	79,08	16,25
C-1786-6-96	BP-1	5,55	81,96	17,39
C-1786-6-96	Vivaldi	6,69	76,45	11,70
C-1786-6-96	Agria	5,46	72,89	13,65
Eliza	White Lady	4,93	82,92	17,72
Eliza	Asterix	4,98	54,68	11,49
Eliza	BP-1	5,53	84,86	16,90
Eliza	Vivaldi	4,04	70,82	23,08
Eliza	Ágria	4,34	72,48	17,18

NTU = número de tubérculos; REN = rendimento de tubérculos; MAM = massa média de tubérculos.

Em relação à CEC da massa média de tubérculos, 'Eliza' x 'Vivaldi' foi a melhor combinação (0,46); porém, estes genitores não expressaram elevada CGC, denotando predominância de efeitos gênicos não aditivos, não sendo possível indicar este cruzamento para a geração de famílias com características desejáveis em relação à massa média de tubérculos. A segunda melhor combinação foi 2CRI-1149-1-78 x 'Asterix' (0,45), com 2CRI-1149-1-78, que expressou elevada CGC para maior massa média de tubérculos, constituindo-se na melhor opção de híbrido para este caractere.

## Conclusões

Conclui-se que o rendimento de tubérculos é um caractere expresso por efeito gênico predominantemente de aditividade. Para o número de tubérculos e a massa média de tubérculos, são importantes os efeitos aditivos e não aditivos.

Os clones 2CRI-1149-1-78 e 'Vivaldi' são os mais promissores para o conjunto de caracteres avaliados, sendo o contrário verificado para os clones C-1750-15-95, C-1786-6-96 e 'Asterix'.

As melhores combinações de genitores seriam: 2CRI-1149-1-78 x 'Vivaldi' e 2CRI-1149-1-78 x 'White Lady', para número de tubérculos; e 2CRI-1149-1-78 x 'Asterix' para massa média de tubérculos.

## Agradecimentos

Ao CNPq pelo auxílio financeiro ao Programa de Melhoramento Genético de Batata da Embrapa.

## Referências

BARBOSA, M. H. P.; PINTO, C. A. B. P. Análise dialélica parcial entre cultivares de batata nacionais e introduzidas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, n. 3, p. 307-320, 1998.

BRADSHAW, J. E.; TODD, D.; WILSON, R. N. Use of progeny tests for genetical studies as part of a potato (*Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum*) breeding programme. **Theoretical Applied Genetics**, New York, v. 100, p. 772-781, 2000.

CAMPOS, H. de. **Estatística experimental não-paramétrica**. 4. ed. Piracicaba: FEALQ, 1983. 349 p.

CASTIGLIONI, V. B. R.; OLIVEIRA, M. F. de; ARIAS, C. A. A. Análise da capacidade combinatória entre linhagens de girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, p. 981-988, 1999.

COMSTOCK, R. E.; ROBINSON, H. F. The components of genetic variance in populations. **Biometrics**, Washington, DC, v. 4, p. 254-266, 1948.

CRUZ, C. D. **Programa genes: biometria**. Viçosa: UFV, 2006. 382 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. **Métodos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2004, 480 p.

GAUR, P. C.; KISHORE, H. Studies on character association in potatoes. **Journal Agriculture Science**, v. 90, p. 215-219, 1978.

GOPAL, J. Identification of superior parents and crosses in potato breeding programmes. **Theoretical Applied Genetics**, New York, v. 96, p. 287-293, 1998.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Sciences**, Melbourne, v. 9, p. 463-493, 1956.

JARAMILLO, G.; MORANTE, N.; PEREZ, J. C.; CALLE, F.; CEBALLOS, H.; ARIAS, B.; BELLOTTI, A. C. Diallel analysis in cassava adapted to the midaltitude valleys environment. **Crop Science**, Madison, v. 45, p. 1058-1062, 2005.



KILLICK, R. J. Genetic analysis of several traits in potatoes by means of a diallell cross. **Annals of Applied Biology**, Cambridge, v. 86, p. 279-289, 1977.

MARIS, B. Correlations within and between characters between and within generations as a measure for the early generation selection in potato breeding. **Euphytica**, Wageningen, v. 37, p. 205-209, 1988.

MARIS, B. Analysis of an incomplete diallell cross among three ssp. *tuberosum* varieties and seven long-day adapted ssp. *andigena* clones of the potato (*Solanum tuberosum* L.). **Euphytica**, Wageningen, v. 41, p. 163-182, 1989.

MULLIN, R.; LAUER, F. I. Breeding behavior of F1 and inbred potato clones. **HortiScience**, Alexandria, v. 89, p. 449-455, 1966.

PLAISTED, R. L.; SANDFORD, L.; FEDERER, W. T.; KEHR, A. E.; PETERSON, L. C. Specific and general combining ability for yield in potatoes. **American Potato Journal**, Orono, v. 39, p. 185-197, 1962.

RODRIGUES, A. F. S.; PEREIRA, A. da S. Correlações inter e intragerações e herdabilidade de cor de chips, matéria seca e produção em batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, p. 599-604, 2003.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistics**. 2 ed. New York: McGraw-Hill Book, 1980, 633 p.

TAI, G. C. C.; YOUNG, D. A. Evaluation of potato hybrids obtained from tetraploid-diploid crosses. **Plant Breeding**, Berlin, v. 107, p. 183-189, 1991.