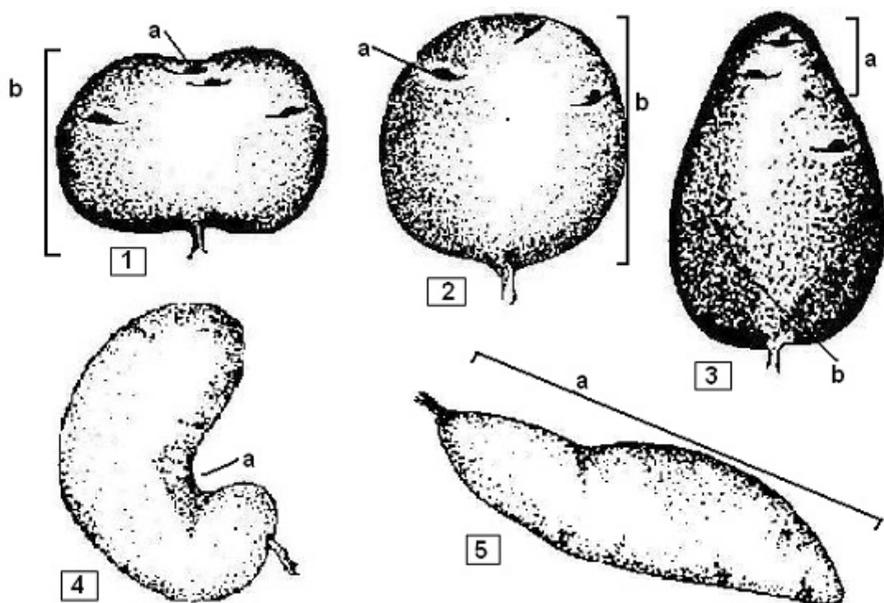


## Correlações entre caracteres fenotípicos e análise de trilha para aparência de tubérculos de batata



Identificação de caracteres de tubérculos de batata, 1a: profundidade de olhos, 1b: achatamento de tubérculo, 2a: sobrançelha, 2b: tubérculo redondo, 3a: apontamento, 3b: aspereza, 4a: curvatura, 5a: tubérculo alongado.

ISSN 1677-2229

Outubro, 2014

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

# ***Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 109***

## **Correlações entre caracteres fenotípicos e análise de trilha para aparência de tubérculos de batata**

Giovani Olegário da Silva

Arione da Silva Pereira

Fabio Suinaga

Aginaldo Donizete Ferreira de Carvalho

Embrapa Hortaliças  
Brasília, DF  
2014

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Hortaliças**

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.embrapa.br](http://www.embrapa.br)

E-mail: [sac@embrapa.br](mailto:sac@embrapa.br)

**Comitê Local de Publicações da Embrapa Hortaliças**

Presidente: *Warley Marcos Nascimento*

Editor Técnico: *Ricardo Borges Pereira*

Supervisor Editorial: *George James*

Secretária: *Gislaine Costa Neves*

Membros: *Mariane Carvalho Vidal*

*Jadir Borges Pinheiro*

*Fabio Akyoshi Suinaga*

*Italo Moraes Rocha Guedes*

*Carlos Eduardo Pacheco Lima*

*Caroline Pinheiro Reyes*

*Daniel Basílio Zandonadi*

*Marcelo Mikio Hanashiro*

Normalização bibliográfica: *Antonia Veras de Souza*

Editoração eletrônica: *André L. Garcia*

**1ª edição**

1ª impressão (2014): 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

Correções entre caractere fenotípicos e análise de trilha para aparência de tubérculos de batata / Giovani Olegário da Silva ... [et al.]. – Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2014.

16 p. - (Boletim Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Hortaliças, ISSN 1677-2229; 109).

1. Melhoramento genético vegetal. 2. Características agronômicas. 3. Fenótipo. 4. *Solanum tuberosum*. I. Pereira, Arione da Silva. II. Suinaga, Fabio Akiyoshi. III. Carvalho, Agnaldo Donizete Ferreira de. IV. Título. V. Série.

CDD 633.4913

---

©Embrapa, 2014

# Sumário

Resumo .....	5
Abstract.....	7
Introdução.....	8
Material e Métodos.....	8
Resultados e Discussão.....	10
Conclusões.....	14
Referências .....	15

# Correlações entre caracteres fenotípicos e análise de trilha para aparência de tubérculos de batata

---

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

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

*Fabio Suinaga*<sup>3</sup>

*Agnaldo Donizete Ferreira de Carvalho*<sup>4</sup>

## Resumo

O objetivo do presente trabalho foi verificar as correlações de ordem genética entre caracteres fenotípicos, bem como a influência direta no caractere aparência de tubérculo de batata, nas três primeiras gerações de seleção. Os experimentos foram realizados na Embrapa Clima Temperado em agosto de 2004 (geração de plântula) e 2005 (primeira geração clonal) e fevereiro de 2006 (segunda geração clonal). Cruzamentos controlados originaram cada uma das 20 famílias estudadas. As parcelas foram compostas de uma amostra de 15 plântulas de uma família. Após cada colheita foram

---

<sup>1</sup> Eng. Agr., DSc. – Genética e Melhoramento de Plantas – Embrapa Hortaliças, Brasília, DF.

<sup>2</sup> Eng. Agr., PhD – Genética e Melhoramento de Plantas – Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

<sup>3</sup> Eng. Agr., DSc. – Genética e Melhoramento de Plantas – Embrapa Hortaliças, Brasília, DF.

<sup>4</sup> Eng. Agr., DSc. – Genética e Melhoramento de Plantas – Embrapa Hortaliças, Brasília, DF.

avaliados 14 caracteres fenotípicos nos tubérculos. Os dados foram submetidos à análise de variância, correlações genéticas, análise de multicolinearidade e análise de trilha, considerando as três gerações. Com exceção de tamanho de tubérculos, todos os demais caracteres apresentaram-se significativos em diferenciar as famílias estudadas. A aparência dos tubérculos é favorecida em genótipos que apresentam maior tamanho, rendimento e número de tubérculos, bem como, com maior uniformidade em relação a tamanho e formato; e ainda tubérculos mais arredondados e menos curvados e achatados.

**Palavras-chave:** *Solanum tuberosum* L., correlações genéticas, melhoramento.

# Correlations among phenotypic characters and path analysis to potato tuber appearance

---

## Abstract

The objective of the present work was to verify the genetic correlations among phenotypic characters as well as the direct influence in the tuber appearance in the first three potato generations selection. The experiments were accomplished in Embrapa Clima Temperado in August of 2004 (seedling generation) and 2005 (first clonal generation) and February of 2006 (second clonal generation). Crossings among potato genotypes originated each one of the 20 studied families. The pots were composed of a family 15 seedlings sample. After each crop, were appraised 14 tuber phenotypic characters. The data were submitted to variance analysis, genetic correlations, multicollinearity and path analysis. Except for tuber size, all the other characters were significant in differentiating the studied families. Can be conclude that tuber appearance is favored by a balance among larger tuber size, yield and number, more uniforms in size and in format, and less prolonged, curved and flat.

**Keywords:** *Solanum tuberosum* L., genetic correlations, breeding.

## Introdução

Várias são as características que devem ser consideradas pelo melhorista de batata no momento da seleção. Dentre elas, muita importância é dada à aparência dos tubérculos, que influencia na preferência visual dos consumidores quando da venda *in natura*. O desafio de atender essas exigências requer boa eficiência dos programas de melhoramento em identificar genótipos superiores. Portanto, procedimentos que venham a auxiliar na escolha da melhor estratégia de seleção, tais como as análises de associação entre caracteres, tornam-se importantes ferramentas para o melhor entendimento das relações genéticas entre estes.

A seleção indireta, por meio de caracteres associados permite que caracteres mais complexos, como aparência de tubérculos, que são influenciados por caracteres mais simples e, portanto, governados por vários genes e muitas vezes com grande ação do ambiente, possam ser melhorados, mesmo que não ocorra seleção direta. Assim, caracteres menos complexos, com maior herdabilidade e correlações elevadas, favorecem a seleção (CRUZ e REGAZZI, 2001).

A análise de trilha permite desdobrar os coeficientes de correlação simples em seus efeitos diretos e indiretos, melhorando o entendimento das relações de causa e efeito entre as variáveis estudadas (BARBOSA, 1996; CARVALHO et al., 2004).

O objetivo do presente trabalho foi verificar as correlações de ordem genética entre caracteres fenotípicos, bem como a influência direta para o caractere aparência tubérculo de batata, nas três primeiras gerações de seleção.

## Material e Métodos

Os experimentos foram realizados no campo experimental da sede da Embrapa Clima Temperado, em agosto de 2004 e 2005 e fevereiro de 2006.

As plântulas foram originadas de sementes botânicas obtidas de hibridações controladas entre genitores de batata da coleção da Embrapa Clima Temperado (C-1750-15-95, 2CRI-1149-1-78, C-1786-6-96, Eliza, White Lady, Asterix, BP-1, Vivaldi, Ágria). Cada cruzamento originou uma das 20 famílias, as quais constituíram a população analisada.

Em agosto de 2004, as sementes foram germinadas em sementeiras em casa plástica e as plântulas transplantadas para sacos plásticos, contendo dois litros de substrato Plantmax®, com o objetivo de produzir minitubérculos (geração de plântula). Os sacos plásticos foram distribuídos em blocos ao acaso com três repetições. Cada parcela foi composta de uma amostra de 15 plântulas de uma família. O espaçamento entre plantas e entre linhas foi de 0,10 m. As plântulas foram colhidas aos (77 dias) avaliando-se os tubérculos. Após as avaliações, os tubérculos foram armazenados em câmara fria a 4°C.

Em agosto de 2005, um tubérculo de tamanho mediano de cada genótipo foi cultivado em campo (primeira geração clonal), segundo o método genealógico de condução de populações, utilizando o mesmo delineamento experimental de 2004. Após a maturação (senescência das folhas e hastes), as plantas foram colhidas separadamente e transportadas até um galpão de cura, onde foram realizadas as avaliações.

Em fevereiro de 2006, três tubérculos de tamanho mediano de cada genótipo foram cultivados em campo (segunda geração clonal), utilizando o mesmo delineamento experimental de 2005. Após a maturação, cada genótipo, representado por três clones, foi colhido separadamente, para a realização das avaliações nos tubérculos.

Os caracteres avaliados nos tubérculos de cada planta em ambas as gerações foram: o rendimento (g), o número/planta, e a massa média de tubérculos ( $g.planta^{-1}$ ). Com notas de 1 a 5 (1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5 ou 5) forma avaliados: formato (1- redondo, 5- alongado); uniformidade de formato (1- desuniforme, 5- uniforme); tamanho do maior tubérculo (1- pequeno, 5- grande); uniformidade

de tamanho (1- desuniforme, 5- uniforme); aspereza da película (1- reticulada, 5- lisa); profundidade dos olhos (1- profundo, 5- raso); sobrançelha (1- extremamente proeminentes, 5- sem sobrançelhas); achatamento (1- extremamente achatados, 5- não achatados); curvatura (1- extremamente curvados, 5- não curvados); apontamento (1- extremamente apontados, 5- não apontados) e aparência (1- péssima, 5- excelente).

Foi utilizado o programa computacional Genes (CRUZ, 2001) para a realização da análise de variância conjunta, correlações genéticas, análise de multicolinearidade e análise de trilha, considerando as três gerações.

As magnitudes dos coeficientes de correlação foram classificadas conforme Carvalho et al. (2004):  $r = 0$  (nula);  $0 < |r| \leq 0,30$  (fraca);  $0,30 < |r| \leq 0,60$  (média);  $0,60 < |r| \leq 0,90$  (forte);  $0,90 < |r| \leq 1$  (fortíssima) e  $|r| = 1$  (perfeita).

## Resultados e Discussão

De acordo com a análise de variância para as gerações de plântula, primeira e segunda geração clonal, todos os caracteres apresentaram-se significativos em diferenciar as famílias estudadas a 5% de probabilidade, com exceção de tamanho de tubérculos. As variáveis de resposta uniformidade de formato e de tamanho, apontamento, curvatura, achatamento e número de tubérculos apresentaram interação com o fator geração, indicando que, para esses caracteres, todas as famílias não apresentaram desempenho semelhante nas três gerações e para os demais caracteres, a interação com o fator geração não foi significativa. Os coeficientes de variação não superaram 30%, indicando boa precisão experimental (dados não apresentados).

Fortes coeficientes de correlação genética indicam que para aumento do rendimento a seleção deveria ser aplicada principalmente em genótipos com tubérculos de melhor aparência, mais uniformidade em relação a formato e tamanho, com maior número de tubérculos, o que,

no entanto, ocasionaria o aumento do achatamento dos tubérculos, e diminuição no tamanho dos tubérculos, que não é desejável (Tabela 1). O acréscimo no rendimento selecionando genótipos com tubérculos de maior tamanho concorda com Thompson et al. (1983).

Para melhoria na aparência geral, ou seja, maiores valores, correlações fortes indicam que ganhos seriam obtidos na seleção de tubérculos de maior tamanho e rendimento, genótipos com tubérculos mais uniformes em tamanho e, principalmente, genótipos com tubérculos mais uniformes em formato, devido à correlação perfeita com este último caráter (Tabela 1).

Além das correlações com rendimento e aparência de tubérculos, correlações fortíssimas podem ser verificadas entre os caracteres uniformidade de formato, de tamanho e de apontamento com curvatura, indicando que tubérculos mais uniformes em formato também o são em relação à uniformidade de tamanho e, da mesma forma, tubérculos mais apontados tendem a ser mais curvados. Correlações fortes indicam ainda que tubérculos menos apontados e curvados também refletem em tubérculos mais arredondados, porém mais ásperos. Correlações fortes indicam também que maior número de tubérculos favorece os menos ásperos, porém com problemas de menor massa média e maior apontamento. Correlações desejáveis podem ser verificadas ainda em relação a tubérculos com maior tamanho, que favorecem menor proeminência de sobrançelha. Tubérculos mais redondos, por favorecer menor profundidade de olhos, e tubérculos de maior massa média determinam tubérculos menos apontados (Tabela 1).

A análise de multicolinearidade ou de inter-relação entre as variáveis, detectou colinearidade moderada para as covariáveis relacionadas com aparência de tubérculos. Portanto, os efeitos foram corrigidos com coeficientes  $k$ : 0,35 e 0,31, respectivamente (CRUZ, 2001).

Em relação à análise de trilha, os coeficientes de determinação, que se referem à estimativa de quanto os caracteres utilizados estão representando a expressão do caractere principal aparência, foi de 0,99, indicando boa representação dos caracteres.

**Tabela 1.** Coeficientes de correlação genética conjunta entre caracteres fenotípicos de tubérculos de batata, para as gerações de plântula, primeira e segunda geração clonais. Embrapa, 2013.

Caractere	ASP	APA	FOR	UFO	TAM	UTA	POL	SOB	NTU	REN	MAM	APO	CUR
APA	0,24*												
FOR	0,47*	-0,44*											
UFO	0,03	1,00*	-0,56*										
TAM	0,19*	0,72*	0,07	0,72*									
UTA	0,26*	0,76*	-0,11	0,98*	0,58*								
POL	0,45*	-0,13	0,62*	-0,16*	0,06	0,27*							
SOB	0,41*	0,29*	0,04	0,24*	0,68*	0,35*	0,29*						
NTU	0,62*	0,37*	0,39*	-0,04	0,14	0,09	0,09	0,49*					
REN	0,22*	0,61*	0,18*	0,70*	0,83*	0,89*	-0,21*	0,36*	0,60*				
MAM	-0,45*	0,17*	-0,35*	0,53*	0,43*	0,51*	-0,25*	-0,34*	-0,73*	-0,18*			
APO	-0,67*	0,20*	-0,87*	0,48*	0,00	0,13	-0,42*	-0,04	-0,72*	-0,41*	0,61*		
CUR	-0,76*	0,25*	-0,89*	0,35*	-0,17*	-0,09	-0,59*	-0,15*	-0,49*	-0,30*	0,44*	0,98*	
ACH	-0,04	-0,26*	0,02	-0,28*	-0,34*	-0,15*	0,07	0,03	-0,55*	-1,06*	0,08	0,34*	0,10

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste T.

ASP: aspereza; APA: aparência; FOR: formato; UFO: uniformidade de formato; TAM: tamanho; UTA: uniformidade de tamanho; POL: profundidade de olho; SOB: sobranceira; NTU: número de tubérculos; REN: rendimento; MAM: massa média; APO: apontamento; CUR: curvatura de tubérculo; ACH: achatamento de tubérculo.

**Tabela 2.** Análise de trilha para aparência de tubérculo em batata nas três primeiras gerações de seleção. Embrapa, 2013.

Caractere	Efeito Indireto <sup>1</sup>													Efeito Direto <sup>4</sup>
	ASP <sup>3</sup>	FOR	UFO	TAM	UTA	POL	SOB	NTU	REN	MAM	APO	CUR	ACH	
ASP <sup>2</sup>		-0,21	0,01	0,14	0,03	0,12	-0,26	0,37	0,05	0,09	-0,01	-0,26	-0,02	0,15
FOR	0,07		-0,12	0,05	-0,01	0,16	-0,02	0,23	0,04	0,08	-0,02	-0,31	0,01	-0,45
UFO	0,01	0,25		0,53	0,11	-0,04	-0,15	-0,02	0,16	-0,12	0,01	0,12	-0,13	0,21
TAM	0,03	-0,03	0,15		0,07	0,02	-0,43	0,08	0,19	-0,09	-0,01	-0,05	-0,16	0,73
UTA	0,03	0,05	0,21	0,43		0,07	-0,22	0,05	0,20	-0,11	0,01	-0,03	-0,07	0,11
POL	0,06	-0,28	-0,03	0,05	0,03		-0,18	0,05	-0,05	0,05	-0,01	-0,20	0,03	0,26
SOB	0,06	-0,01	0,05	0,20	0,04	0,08		0,19	0,08	0,07	-0,01	-0,05	0,01	-0,23
NTU	0,09	-0,17	-0,07	0,10	0,01	0,02	-0,31		0,13	0,16	-0,02	-0,17	-0,27	0,60
REN	0,03	-0,08	0,15	0,61	0,10	-0,05	-0,23	0,36		0,04	-0,01	-0,10	-0,50	0,22
MAM	-0,06	0,16	0,11	0,31	0,06	-0,06	0,21	-0,43	-0,04		0,01	0,15	0,04	-0,22
APO	-0,09	0,39	0,10	-0,01	0,01	-0,11	0,02	-0,43	-0,09	-0,13		0,33	0,16	0,02
CUR	-0,11	0,41	0,07	-0,12	-0,01	-0,15	0,09	-0,29	-0,07	-0,10	0,02		0,05	0,34
ACH	-0,01	-0,01	-0,06	-0,25	-0,02	0,02	-0,02	-0,33	-0,24	-0,02	0,01	0,04		0,47

<sup>1</sup>EI- Efeito indireto, dos caracteres (<sup>2</sup>) via os caracteres (<sup>3</sup>) sobre aparência;

<sup>4</sup>ED- Efeito direto, dos caracteres(<sup>2</sup>) sobre rendimento de tubérculos; ASP: aspereza; FOR: formato; UFO: uniformidade de formato; TAM: tamanho; UTA: uniformidade de tamanho; POL: profundidade de olho; SOB: sobancelha; NTU: número de tubérculos; MAM: massa média de tubérculos; APO: apontado; CUR: curvatura de tubérculo; ACH: achatamento de tubérculo.

Os caracteres tamanho, rendimento e uniformidades de tamanho e de formato de tubérculo, que apresentaram correlação genética com aparência, mantiveram efeitos diretos positivos, porém mais reduzidos para os três últimos caracteres, indicando que a seleção para estes caracteres proporciona ganhos genéticos para aparência geral de tubérculos. Efeitos diretos para favorecer a aparência são verificados ainda pela seleção, principalmente de tubérculos mais arredondados, menos curvados e achatados e em maior número. Em relação a achatamento de tubérculo, esta associação não havia sido constatada pela correlação genética, por estar mascarada pelo efeito de outros caracteres (Tabela 2).

O único caráter que não apresentou nenhum efeito direto em aparência foi apontamento de tubérculos.

Além dos efeitos dos caracteres já citados em relação à aparência de tubérculos, aspereza, profundidade de olhos, sobrançelha e massa média, apresentaram efeito direto, porém não muito forte. Dentre estes, apenas aspereza de tubérculos manteve a direção da associação discriminada pela correlação genética, confirmando a importância de verificar os efeitos diretos e indiretos para melhor entender estas correlações. Ganhos em melhor aparência, em relação a estes caracteres, seriam obtidos pela seleção de tubérculos menos ásperos, com menor profundidade de olhos, que são características desejáveis; os tubérculos desses genótipos, no entanto, teriam maior expressão de sobrançelha e menor massa média.

## Conclusões

A aparência de tubérculos é favorecida, principalmente, pelo equilíbrio entre tubérculos de maior tamanho, rendimento e número, maior uniformidade em tamanho e em formato, mais arredondados e com menor curvatura e achatamento.

## Agradecimentos

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

## Referências

BARBOSA, M. H. P. **Capacidade combinatória e comparação entre critérios de seleção de clones de batata**. 1996. 138 f. (Doutorado). Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CARVALHO, F. I. F. de; LORENCETTI, C.; BENIN, G. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal**. Pelotas: UFPel, 2004. 142 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Métodos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2001. 390 p.

CRUZ, C. D. **Programa Genes**: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 2001. 648 p.

GAUR, P. C.; KISHORE, H. GUPTA, P. K. Studies on character association in potatoes. **Journal Agriculture Science**, Cambridge, v. 90, n. 1, Feb. 1978.

THOMPSON, P. G.; MENDOZA, H. A.; PLAISTED, R. L. Estimation of genetic parameters for characters related to potato propagation by true seed (TPS) in an andigena population. **American Potato Journal**, Orano, v. 60, n. 6, p. 393-401, June 1983.

