

**Ganhos Genéticos para uma  
População de Cenoura após Seis  
Ciclos de Seleção**



ISSN 1677-2229

Agosto, 2015

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

# ***Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 130***

## **Ganhos Genéticos para uma População de Cenoura após Seis Ciclos de Seleção**

Giovani Olegário da Silva

Jairo Vidal Vieira

Aginaldo Donizete Ferreira de Carvalho

Embrapa Hortaliças  
Brasília, DF  
2015

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

[www.embrapa.br/fale-conosco/sac](http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac)

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

**Comitê Local de Publicações da Embrapa Hortaliças**

**Presidente:** *Warley Marcos Nascimento*

**Editor Técnico:** *Ricardo Borges Pereira*

**Supervisor Editorial:** *Caroline Pinheiro Reyes*

**Secretária:** *Gislaine Costa Neves*

**Membros:** *Miguel Michereff Filho*

*Milza Moreira Lana*

*Marcos Brandão Braga*

*Valdir Lourenço Júnior*

*Daniel Basílio Zandonadi*

*Caroline Pinheiro Reyes*

*Carlos Eduardo Pacheco Lima*

*Mirtes Freitas Lima*

**Normalização bibliográfica:** *Antonia Veras de Souza*

**Foto de capa:** *Paula Feitosa*

**Editoração eletrônica:** *André L. Garcia*

**1ª edição**

1ª impressão (2015): 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, Giovanni Olegário da.

Ganhos genéticos para uma população de cenoura após seis ciclos de seleção / Giovanni Olegário da Silva, Jairo Vidal Vieira, Agnaldo Donizete Ferreira de Carvalho. – Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2015.

20 p. - (Boletim Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Hortaliças, ISSN 1677- 2229; 130).

1. *Daucus carota* L. 2. Seleção genética. 3. Produção orgânica. I. Vieira, Jairo Vidal. II. Carvalho, Agnaldo Donizete Ferreira de. III. Título. VI. Série.

CDD 635.13

---

©Embrapa, 2015

# Sumário

Resumo .....	7
Abstract.....	9
Introdução.....	11
Material e Métodos.....	12
Resultados e Discussão.....	13
Conclusões.....	16
Referências .....	16

# Ganhos Genéticos para uma População de Cenoura após Seis Ciclos de Seleção

---

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

*Jairo Vidal Vieira*<sup>2</sup>

*Aginaldo Donizete Ferreira de Carvalho*<sup>3</sup>

## Resumo

O objetivo deste trabalho foi verificar os ganhos genéticos em seis sucessivas gerações de seleção massal para caracteres de raiz em uma população de cenoura. O experimento foi conduzido na Embrapa Hortaliças, em Brasília - DF. Uma população de cenoura derivada da cultivar Brasília, foi avaliada e selecionada por seis gerações consecutivas nos verões de 1998 a 2003. No verão de 2004, amostras de sementes provenientes de cada ano foram semeadas a campo com delineamento em blocos casualizados com cinco repetições e parcelas de 1m<sup>2</sup>. Aos 90 dias após o semeio, 25 raízes por parcela foram

---

<sup>1</sup> Eng<sup>o</sup>. Agr<sup>o</sup>., D. Sc. em Agronomia, pesquisador da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF.

<sup>2</sup> Eng<sup>o</sup>. Agr<sup>o</sup>., D. Sc. em Genética e Melhoramento, pesquisador da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF.

<sup>3</sup> Eng<sup>o</sup>. Agr<sup>o</sup>., D. Sc. em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF.

colhidas e avaliadas quanto ao comprimento, diâmetro do xilema e do floema, comprimento da extensão do ombro verde, massa, presença de halo, formato de ponta e de ombro, e os parâmetros  $L^*$   $a^*$   $b^*$  do xilema e floema. Foi realizada análise de variância, agrupamento de médias entre os tratamentos, e calculados os ganhos genéticos com a seleção. Observou-se que nos últimos seis anos de seleção não foi possível obter êxito na seleção visual para cor de raízes, devido à baixa variabilidade de ordem genética, visto que as raízes da população já são bastante escuras, indicando grande quantidade de  $\beta$ -caroteno. Já para massa e comprimento de raiz, incrementos puderam ser verificados, com proporcional decréscimo nas médias para os caracteres diâmetro de raiz e de floema da raiz.

**Termos de indexação:** *Daucus carota* L., progresso genético, melhoramento de plantas.

# Genetic Gains in a Carrot Population After Six Cycles of Selection

---

## Abstract

The objective of this work was to verify the genetic gain with the mass selection in six years for root characters in a carrot population. The experiment was performed in Embrapa Hortaliças, Brasília – DF, Brazil. One carrot population derived from cultivar Brasília was further selected in six consecutive generations on the summers of 1998 to 2003. In the summer of 2004, seeds samples of each year were sowed in the field in randomized blocks design with five replications and plots of 1m<sup>2</sup>. After 90 days of sowing, 25 roots per plot were harvested and evaluated for: length, xylem and phloem diameter, green shoulder length, mass, halo presence, tip and shoulder format, and the parameters L\* a\* b\* of xylem and phloem. Variance analysis, grouping of averages among treatments, and estimation of the genetic gain with the selection were performed. In the last six years of selection it was not possible to have exit for the root color, with visual selection, probably due the low genetic variability, because the roots of the population are already very dark, indicating higher  $\beta$ -carotene content. Were verified increments for mass and root length, with a decrease in the means to root diameter and phloem diameter.

**Index terms:** *Daucus carota* L., genetic progress, plant breeding.

## Introdução

A cenoura é uma hortaliça da família *Apiaceae*, do grupo das raízes tuberosas. A estimativa de área plantada no Brasil é de aproximadamente 25 mil hectares com produção de 760 mil toneladas de raízes (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTALIÇAS, 2012). Embora produza melhor em áreas de clima ameno, nos últimos anos, face ao desenvolvimento de cultivares tolerantes ao calor e com resistência às principais doenças de folhagem, desenvolvidas através do melhoramento genético, o plantio de cenoura vem-se expandindo também nos Estados da Bahia e Goiás.

Neste contexto, o progresso genético direcionado em qualquer espécie está associado à existência de variabilidade genética, à seleção natural e/ou artificial e ao ajuste dos genótipos aos ambientes existentes. Comprovada a presença da variabilidade genética, e, sobretudo o valor desta em relação à variação não-genética, a seleção assume grande importância no ganho genético. A seleção objetiva acumular alelos favoráveis à variável de interesse em determinada população e é um processo vinculado a uma constante e permanente renovação (REIS et al., 2004).

De acordo com a estratégia de seleção e o ganho que ela proporcionará, pode-se orientar de maneira mais efetiva, um programa de melhoramento, bem como prever o sucesso do esquema seletivo adotado, decidindo, com bases científicas, quais metodologias podem resultar em ganhos genéticos efetivos (CRUZ; REGAZZI, 2001).

No programa de melhoramento genético de cenoura da Embrapa, visando o desenvolvimento de populações superiores, características como produtividade, formato de raiz, resistência a doenças de folha e coloração de raízes são características consideradas em todas as populações em desenvolvimento. O método empregado neste caso é a seleção massal de famílias meio-irmãs que são retrocruzadas a cada ciclo de seleção recorrente. Este método é eficiente para este propósito e é de fácil aplicação.

Dentre as diversas variáveis que devem ser selecionadas na criação de novas cultivares de cenoura, uma das mais importantes é o teor de  $\beta$ -caroteno, devido a grande importância para a saúde humana, por ser precursor da vitamina A. Michalik et al. (1985) observaram a associação entre a pigmentação mais intensa das raízes, especialmente de sua parte interna, e o maior conteúdo de caroteno. A determinação do teor de carotenóides em cenoura necessita de métodos laboratoriais e cromatográficos. Porém, de acordo com estudos realizados por Pereira (2002), o uso de medidas de cor do sistema CIELAB, que medem os parâmetros de cor  $L^*a^*b^*$ , pode substituir essas metodologias, tornando o procedimento mais rápido e barato.

O objetivo deste trabalho foi verificar os ganhos genéticos com a seleção para caracteres de raiz em uma população de cenoura em seis sucessivas gerações de seleção massal.

## Material e Métodos

O ensaio foi conduzido no campo experimental da Embrapa Hortaliças no Distrito Federal. Uma população de cenoura derivada da cultivar Brasília (lançada em 1981), foi avaliada e selecionada para as características produtividade, formato de raiz, resistência a doenças de folha e coloração de raízes por seis gerações consecutivas de seleção massal de famílias meio-irmãs, retrocruzadas a cada ciclo de seleção recorrente nos verões de 1998 a 2003.

Parte das sementes de cada ano foi armazenada em câmara seca a temperatura de 6°C e umidade de 50%, em embalagens "Polche" de alumínio. Foi realizado o teste de germinação das sementes para cada geração, para se utilizar uma quantidade adequada de sementes, garantindo-se um mínimo de 95% de germinação. No verão de 2004, amostras de sementes provenientes de cada ano foram semeadas a campo em delineamento de blocos casualizados com cinco repetições e parcelas de 1,0 m<sup>2</sup>. O desbaste foi realizado 30 dias após semeio, de modo que os espaçamentos entre plantas foram de 2,0 cm e entre linhas de 20cm.

Aos 90 dias após semeio, foram colhidas 25 raízes por parcela e avaliadas individualmente para os caracteres: comprimento de raiz (cm); diâmetro da raiz, do xilema da raiz e do floema da raiz (cm) avaliados no terço superior do comprimento da mesma; massa da raiz (g); e por leitura colorimétrica direta, foi determinado o parâmetro  $a^*$ , que é a medida de cor do sistema CEILAB, para os tecidos xilema e floema de cada raiz, utilizando-se o analisador de cor de Tristimulus Compacto Minolta CR-200b (Minolta Corporation Instrument System Division) (MINOLTA, 1994). Segundo Pereira (2002) a utilização do parâmetro  $a^*$  pode determinar o teor de  $\beta$ -caroteno das raízes de cenoura com segurança.

Os dados foram submetidos à análise de variância, agrupamento de médias por Scott e Knott, e calculados os ganhos genéticos com a seleção. Todos os testes estatísticos foram realizados utilizando-se o aplicativo computacional Genes (CRUZ, 2006).

## Resultados e Discussão

Pela análise de variância (Tabela 1), houve diferença significativa entre os ciclos de seleção ( $P \leq 0,05$ ) para os caracteres: massa de raiz (MAS), comprimento de raiz (COM), diâmetro de raiz (DRA) e diâmetro de floema de raiz (DFR), indicando que a seleção foi efetiva para essas características. Para os caracteres diâmetro de xilema da raiz (DXR) e os parâmetros de cor  $a^*$  do xilema ( $a^*X$ ) e do floema ( $a^*F$ ), não houve diferença significativa entre os ciclos de seleção, o que indica que a seleção não foi efetiva para estes caracteres nos sucessivos ciclos de seleção. Pode-se verificar que os coeficientes de variação foram baixos, indicando boa precisão experimental.

Os parâmetros de cor e de DXR não possibilitaram a diferenciação entre os ciclos de seleção, provavelmente devido à baixa variabilidade genética na população, pois a variação ambiental (CVe) observada foi baixa e os valores da relação  $CVg/CVe$  para estes caracteres foram inferiores a uma unidade (Tabela 1). De acordo com Vencovsky (1987),

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância para caracteres de raiz avaliados em seis sucessivos ciclos de seleção para uma população de cenoura em fase de melhoramento. Brasília, 2008.

Fonte de variação	Quadrado Médio							
		MAS	COM	DRA	DXR	DFR	a*X	a*F
Ciclos	5	3306,42*	307,41*	2,48*	0,42	1,12*	61,03	106,99
Entre ciclos de seleção	20	660,92	34,09	0,27	0,32	0,20	43,89	75,20
Dentro ciclos de seleção	720	530,59	26,91	0,16	0,22	0,17	25,85	28,95
Média	-	46,09	12,98	2,07	0,79	1,28	32,98	36,94
CVe (%)	-	4,95	4,12	3,20	8,23	2,42	2,57	3,68
CVg/CVe	-	2,01	2,76	1,99	0,42	2,78	0,44	0,37

\*Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F; CVe: coeficiente de variação ambiental entre ciclos; CVg: coeficiente de variação genético entre ciclos. MAS: massa; COM: comprimento; DRA: diâmetro da raiz; DXR: diâmetro do xilema; DFR: diâmetro do floema; a\*X: parâmetro a\* do xilema; a\*F: parâmetro a\* do floema.

é necessário que se tenha valores de coeficiente de variação relativa (CVg/CVe) acima da unidade, para que se tenha maiores chances de ganhos com a seleção nas populações, sugerindo que a característica pode ser trabalhada facilmente no melhoramento. Silva e Vieira (2010) verificaram valores de CVg/CVe menores para a\* do floema (1,41), porém valores maiores para a\* do xilema (1,56), na seleção dentro de populações; indicando que maior variabilidade de ordem genética, e consequente maior ganho com a seleção pode ser esperado para a coloração do xilema em comparação com o floema.

Como a característica massa de raiz é um caráter complexo e está normalmente associado com as características diâmetro de raiz, diâmetro de xilema de raiz, diâmetro de floema de raiz e comprimento de raiz (SILVA; VIEIRA, 2008). Deve-se, portanto, analisar os ganhos em conjunto com estes caracteres componentes. Na análise das médias

(Tabela 2), a massa e o comprimento da raiz apresentaram aumento significativo durante o período de 1998 a 2003, com ganhos de 33,69 e 39,52%, respectivamente. Porém, o diâmetro da raiz (DRA) e do floema (DFR), apresentaram redução nos seus valores em 6,71 e 1,13%, respectivamente (Tabelas 2).

**Tabela 2.** <sup>1</sup>Agrupamento de médias por Scott-Knott para caracteres de raiz, e <sup>2</sup>porcentagem de aumento ou decréscimo das médias dos caracteres em sucessivos ciclos de seleção, relativamente ao ano de 1998, para uma população de cenoura em fase de melhoramento. Brasília, 2008.

Ciclos <sup>1</sup>	MAS	COM	DRA	DXR	DFR	a*X	a*F
1998	41,39 b	10,69 b	2,23 a	0,85 a	1,38 a	33,99 a	38,08 a
1998-1999	46,42 b	11,66 b	2,26 a	0,85 a	1,41 a	32,42 a	37,52 a
1998-2000	42,49 b	13,21 a	1,95 b	0,78 a	1,17 b	32,92 a	36,15 a
1998-2001	43,13 b	13,26 a	1,92 b	0,72 a	1,20 b	33,41 a	36,76 a
1998-2002	47,81 b	14,18 a	2,01 b	0,74 a	1,27 b	32,03 a	35,65 a
1998-2003	55,33 a	14,92 a	2,08 b	0,84 a	1,24 b	33,14 a	37,50 a
Ciclos <sup>2</sup>	MAS	COM	DRA	DXR	DFR	a*X	a*F
1998	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1998-1999	112,17	109,03	101,15	99,53	102,15	95,38	98,53
1998-2000	102,67	123,57	87,66	91,55	85,25	96,86	94,93
1998-2001	104,21	123,96	86,11	84,51	87,11	98,29	96,53
1998-2002	115,51	132,57	90,13	87,14	91,99	94,25	93,61
1998-2003	133,69	139,52	93,29	98,87	89,84	97,49	98,48

MAS: massa; COM: comprimento; DRA: diâmetro da raiz; DXR: diâmetro do xilema; DFR: diâmetro do floema; a\*X: parâmetro a\* do xilema; a\*F: parâmetro a\* do floema. Letras minúsculas iguais nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Desta forma, é possível observar que os ciclos de seleção foram eficientes para incrementar a massa de raiz significativamente, principalmente no último ciclo, pois estas conseqüentemente passaram a apresentar maior comprimento e a possuir um diâmetro levemente reduzido (Tabelas 2). Este fato ocorreu provavelmente devido ao fato da raiz crescer primeiramente em comprimento e depois em diâmetro, e, portanto, raízes mais longas tendem a ser mais finas (VIEIRA et al., 2012).

O parâmetro de cor  $a^*$  pode ser um indicativo do teor de  $\beta$ -caroteno das raízes de cenoura (PEREIRA, 2002). A metodologia normalmente utilizada na seleção para maior teor de  $\beta$ -caroteno é a seleção visual para raízes com coloração alaranjada mais escura, pois de acordo com Michalik et al. (1985) há associação entre a pigmentação mais intensa das raízes, especialmente de sua parte interna, e o maior conteúdo de caroteno; sendo esta uma metodologia mais prática e viável dada a grande quantidade de raízes que são selecionadas a cada ciclo em programas de melhoramento. No entanto, verificou-se que a avaliação visual não foi eficiente na seleção para a coloração da raiz, devido à inexistência de diferença significativa para os caracteres de cor, devido, provavelmente, à existência de pouca variabilidade de ordem genética, pois a população já possui raízes bastante escuras, diferentemente da cultivar Brasília que a originou, indicando altos teores de  $\beta$ -caroteno.

## Conclusões

A seleção empregada foi eficiente no aumento da massa e comprimento de raiz, com correspondente decréscimo nas médias para os caracteres diâmetro de raiz e do floema da raiz.

Nos últimos seis anos de seleção, para os caracteres de cor não foi possível obter êxito na seleção visual, devido à baixa variabilidade de ordem genética, visto que as raízes da população já são bastante escuras, indicando grande quantidade de  $\beta$ -caroteno.

## Referências

- ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTALIÇAS. **Brazilian Vegetable Yearbook**. Santa Cruz do Sul: Gazeta, 2012. 88 p.
- CRUZ, C. D. **Programa Genes - biometria**. Viçosa, MG: UFV, 2006. 382 p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 2001. 390 p.

MICHALIK, B.; ZABAGALO, A.; ZUKOWSKA, E. Investigation of the interdependence of root color and carotene content in carrot variety Selecta. **Plant Breeding Abstract**, Farnham Royal, v. 55, n. 4, p. 316, jan. 1985.

MINOLTA CORPORATION. **Precise color communication**: color control from feeling to instrumentation. OSAKA: Minolta, ©1994. 49 p.

PEREIRA, A. S. **Teores de carotenóides totais em cenoura (*Daucus carota* L.) e sua relação com a coloração das raízes**. 2002. 128 f. Tese de Doutorado. Universidade federal de Viçosa, Viçosa.

REIS, E. F. dos; REIS, M. S.; CRUZ, C. D.; SEDIYAMA, T. Comparação de procedimentos de seleção para produção de grãos em populações de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 3, p. 685-691, mai./jun. 2004.

SILVA, G. O.; VIEIRA, J. V. Componentes genéticos e fenotípicos para caracteres de importância agrônômica em população de cenoura sob seleção recorrente. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 26, n. 4, p. 481-485, out./dez. 2008.

SILVA, G. O.; VIEIRA, J. V. Seleção e número mínimo de famílias para a avaliação de parâmetros de cor em uma população meio-irmã de cenoura. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 57, n. 1, p. 66-72, jan./fev. 2010.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. P. (Ed.). **Melhoramento e produção do milho**. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v. 1, cap. 5, p. 137-214.

VIEIRA, J. V.; SILVA, G. O.; BOITEUX, L. S. Genetic parameter and correlation estimates of processing traits in half-sib progenies of tropical-adapted carrot germplasm. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 30, n. 1, p. 7-11, jan./mar., 2012.

