

# Ganhos genéticos após seis ciclos de seleção em três populações de cenoura

Giovani Olegário da Silva<sup>1</sup>, Jairo Vidal Vieira<sup>2</sup>

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi verificar os ganhos genéticos em seis sucessivas gerações de seleção para caracteres de raiz em três populações de cenoura. O experimento foi conduzido na Embrapa Hortaliças, em Brasília - DF. Três populações de cenoura derivadas do cultivar Brasília e de origem comum até 2001 foram avaliadas e selecionadas 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 1 m<sup>2</sup>. Aos 90 dias após o semeio, 25 raízes por parcela foram 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 parâmetros L\* a\* e b\* do xilema e floema. Foram realizadas análise de variância, e comparações de médias entre os tratamentos e calculados os ganhos genéticos com a seleção. Nos últimos seis anos de seleção, não foi possível obter êxito na seleção visual para os caracteres de cor, provavelmente devido à baixa variabilidade de ordem genética, visto que as raízes das populações já são bastante escuras, indicando grande quantidade de  $\beta$ -caroteno. Já para massa e comprimento de raiz, incrementos puderam ser verificados em ambas as populações, com proporcional decréscimo nas médias para os caracteres diâmetro de raiz e floema da raiz.

**Palavras-chave:** *Daucus carota* L., progresso genético, melhoramento.

## ABSTRACT

### Genetic gains with selection in carrot populations

The objective of this work was to evaluate the genetic gain with selection for root traits in three carrot populations. The experiment was conducted at Embrapa Hortaliças, Brasília – DF, Brazil. Three carrot populations derived from cultivar Brasília and of common origin until 2001, were selected in six consecutive generations in the summers of 1998 to 2003. In the summer of 2004, seed samples of each year were sowed in the field in a randomized block design with five replications and plots of 1m<sup>2</sup>. Ninety days after sowing, 25 roots per plot were harvested and evaluated for: length, xylem and phloem diameter, green shoulder length, mass, presence of halo, shape of tip and shoulder, and L\* a\* b\* parameters of xylem and phloem. Analysis of variance, comparisons among treatment means and estimation of genetic gain with selection were performed. In the last six years of selection, visual selection for color traits was not successful, probably due the low genetic variability, because the roots of these populations are already deep in color, indicating higher  $\beta$ -carotene content. Increase in mass and root length was seen in both populations, with a proportional decrease in mean diameter of root and phloem.

**Key words:** *Daucus carota* L., breeding , genetic progress.

Recebido para publicação em novembro de 2008 e aprovado em outubro de 2010

<sup>1</sup>Engenheiro-Agrônomo, Doutor. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças, BR 060, Km 09, CP 218, 70359-970, Gama, Distrito Federal, Brasil. olegario@cnph.embrapa.br \*Autor correspondente.

<sup>2</sup>Engenheiro-Agrônomo, Doutor. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças, BR 060, Km 09, CP 218, 70359-970, Gama, Distrito Federal, Brasil. jairo@cnph.embrapa.br

## INTRODUÇÃO

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 dessa em relação à variação não-genética, a seleção assume grande importância no ganho genético. Ela 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).

Os progressos genéticos referem-se às alterações observadas nas variáveis de interesse, durante um ciclo de seleção, com a recombinação e multiplicação das unidades selecionadas. Tais modificações ocorrerão em magnitude e sentido variados, dependendo da estratégia e dos critérios de seleção adotados. Dessa forma, o constante monitoramento do progresso obtido pela seleção nos programas de melhoramento é necessário, de forma a orientar o melhorista sobre a eficiência dos métodos de seleção empregados para as variáveis de interesse nas populações sob seleção (Reis *et al.*, 2004).

A cenoura é uma hortaliça da família Apiícea, do grupo das raízes tuberosas. A estimativa de área plantada no Brasil é de aproximadamente 28 mil hectares, com produção de 800 mil toneladas de raízes (Embrapa-Hortaliças). Embora a cenoura 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, desenvolvidos por meio do melhoramento genético, o seu plantio vem-se expandindo também nos Estados da Bahia e de Goiás (Embrapa Hortaliças, 2008).

Dentre as diversas variáveis que devem ser selecionadas na criação de novos cultivares de cenoura, uma das mais importantes é o teor de  $\beta$ -caroteno, devido à 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 carotenoides em cenoura necessita de métodos laboratoriais e cromatográficos. Porém, de acordo com estudos recentes realizados por Pereira (2002), o uso de medidas de cor do sistema CIELAB, que medem os parâmetros de cor  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , pode substi-

tuir 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 três populações de cenoura em seis sucessivas gerações de seleção.

## MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido no campo experimental da Embrapa Hortaliças, no Distrito Federal. Três populações de cenoura derivadas do cultivar Brasília (lançado em 1981) e de origem comum até 2001 foram avaliadas e selecionadas por seis gerações consecutivas nos verões de 1998 a 2003. Parte das sementes de cada ano foi armazenada em câmara seca à temperatura de 6 °C e umidade de 50%, em embalagens "Polche" de alumínio. Foi realizado o teste de germinação das sementes de cada geração, para se utilizar uma quantidade adequada, 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 m<sup>2</sup>. O desbaste foi realizado 30 dias após semeio, de modo que os espaçamentos entre plantas foi de 2 cm e entre linhas de 20 cm.

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 seu comprimento; comprimento da extensão do ombro verde da raiz (cm); massa da raiz (g); presença de halo (critério de notas: 1- ausência e 2- presença); formato de ponta da raiz (critério de notas: 1- arredondada, 2- levemente afilada e 3- afilada); e formato de ombro da raiz (critério de notas: 1- côncavo, 2- arredondado, 3- plano e 4- côncavo). Por leitura colorimétrica direta determinaram-se os parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , que são as medidas de cor do sistema CEILAB para os tecidos xilema e floema de cada raiz, utilizando-se o analisador de cor de tristímulos compacto Minolta CR-200b (Minolta Corporation Instrument System Division). Segundo Pereira (2002), a utilização apenas do parâmetro  $a^*$  pode determinar o teor de  $\beta$ -caroteno das raízes de cenoura com segurança. Com esses caracteres pode-se ainda calcular o ângulo Hue (cor) e a saturação (Chroma) dessa cor, conforme o recomendado por Minolta (1994).

Os dados foram submetidos à análise de normalidade (Lilliefors). Foram realizadas análise de variância, feitas comparações de médias por Scott e Knott entre os tratamentos 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

Os caracteres formato de ponta (FPO) e de ombro (FOM), comprimento da extensão do ombro verde (COV) e presença de halo (PHA) não tiveram normalidade de distribuição, por apresentarem valores calculados para a estatística D do teste de Lilliefors acima do valor tabelado a 5%, que foi de 0,161 (Tabela 1). Da mesma forma, Silva & Vieira (2008), avaliando nove populações também pertencentes ao grupo Brasília, observaram inexistência de normalidade da distribuição residual para FPO e FOM, porém esse problema foi solucionado pela transformação dos dados.

Foi realizada a análise de variância para os outros caracteres que obtiveram normalidade de distribuição (Tabela 2), houve diferença significativa entre os ciclos de seleção nas três populações 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. Não ocorreu diferença significativa entre os ciclos de seleção em nenhuma população para a característica parâmetro L\* do floema (L\*F), indicando que a seleção não foi efetiva para este caráter nos sucessivos ciclos de seleção. Em relação às outras características avaliadas, houve variação em relação às populações avaliadas (Tabela 2). Pôde-se verificar que os coeficientes de variação foram baixos, o que indica boa precisão experimental.

O caráter diâmetro de xilema de raiz (DXR) não foi significativo na diferenciação dos diferentes ciclos de seleção nas populações 2 e 3, indicando que a seleção não foi efetiva para modificar significativamente este caráter nos sucessivos ciclos de seleção, diferentemente da população 1, em que pelo menos um ciclo de seleção diferiu dos demais.

A seleção também não foi efetiva para os caracteres de L\* a\* e b\* do xilema e floema nas três populações, com exceção para os caracteres L\* e b\* do xilema para a popu-

lação 1; b\* do xilema e b\* do floema para a população 2; e L\* e a\* do xilema e a\* do floema para a população 3. O fato de que os parâmetros de cor não possibilitaram a diferenciação dos ciclos de seleção provavelmente foi devido à baixa variabilidade genética das populações, pois a variação ambiental (CVe) foi baixa e os valores da relação CVg/CVe para esses caracteres foi, em geral, inferior à unidade (1) (Tabela 2). De acordo com Vencovsky (1987), é necessário que se tenham valores de coeficiente de variação relativa (CVg/CVe) acima da unidade, para que se tenham maiores chances de ganhos com a seleção entre populações, sugerindo que a característica pode ser trabalhada facilmente no melhoramento. Silva & Vieira (2008) verificaram valores de herdabilidades baixos para a\* do floema entre 0,49 e 0,66, porém valores elevados para a\* do xilema variando de 0,95 e 0,96, indicando que maior variabilidade de ordem genética e, conseqüentemente maior ganho com a seleção podem ser esperados para a coloração do xilema.

Em relação à análise de médias, deve-se observar que a característica massa de raiz, que é um caráter complexo, está normalmente associada com as características diâmetro de raiz, diâmetro de xilema de raiz, diâmetro de floema de raiz e comprimento de raiz (Alves *et al.*, 2004; Silva & Vieira, 2008). Dessa forma, deve-se analisar os ganhos em conjunto com estes caracteres componentes. A massa e o comprimento da raiz apresentaram aumento significativo nas médias no período de 1998 a 2003, com ganhos variando de 33,69 a 52,90% para massa e de 29,71 a 43,65% para comprimento nas três populações. Porém, diâmetros da raiz (DRA) e do floema (DFR), principalmente nas populações 2 e 3, apresentaram diminuição nos seus valores em até 13,46% para DRA e de até 10,22% para DFR na população 3 (Tabelas 2 e 3).

Dessa forma, observou-se que os ciclos de seleção foram eficientes para incrementar a massa de raiz significativamente no último ciclo e, conseqüentemente, elas

**Tabela 1.** Valores calculados da estatística D do teste de normalidade Lilliefors, em que valores calculados acima do valor tabelado indicam ausência de normalidade na distribuição dos resíduos

COV	FPO	FOM	PHA	MAS	COM	DRA	DXR	DFR	L*X	A*X	B*X	L*F	A*F	B*F
População 1														
0,166	0,164	0,162	0,163	0,120	0,130	0,112	0,095	0,151	0,101	0,092	0,112	0,106	0,099	0,111
População 2														
0,185	0,162	0,162	0,161	0,131	0,134	0,080	0,010	0,103	0,131	0,131	0,091	0,132	0,135	0,146
População 3														
0,162	0,163	0,162	0,614	0,081	0,155	0,085	0,070	0,011	0,104	0,124	0,106	0,011	0,095	0,0135

COV: comprimento do ombro verde; FPO: formato da ponta da raiz; FOM: formato do ombro da raiz; PHA: presença de halo branco na raiz; MAS: massa; COM: comprimento; DRA: diâmetro da raiz; DXR: diâmetro do xilema; DFR: diâmetro do floema; L\*X: parâmetro L\* do xilema; A\*X: parâmetro A\* do xilema; B\*X: parâmetro B\* do xilema; L\*F: parâmetro L\* do floema; A\*F: parâmetro A\* do floema; e B\*F: parâmetro B\* do floema. O D tabelado foi de 0,161 a 5%.

passaram a ser mais compridas e a ter um diâmetro levemente reduzido (Tabelas 2 e 3). Esse fato ocorreu provavelmente em razão do fato da raiz crescer primeiramente em comprimento e depois em diâmetro.

Verificou-se que a massa média de raiz pode ser incrementada com o aumento no comprimento de raiz juntamente com o aumento no tempo de permanência das plantas no campo, pois essas têm seu diâmetro aumentado e assim pode se conseguir maiores rendimentos. Porém, nem sempre é vantajoso ao produtor manter as plantas no campo por um período de tempo maior. Uma opção seria aumentar a uniformidade das raízes na parcela, diminuindo a quantidade das consideradas refugo com a formação de cultivares híbridas ou mesmo com a seleção para uniformidade de raízes em populações de polinização aberta. Um exemplo de cultivar de polinização aberta com boa uniformidade de raiz e com baixa quantidade de descartes é o cultivar Brasília.

Os parâmetros de cor  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  são utilizados para calcular o ângulo Hue (cor) e a saturação (Chroma) dessa cor, conforme recomendado por Minolta (1994), podendo ser indicativos do teor de  $\beta$ -caroteno das raízes de cenoura. Segundo Pereira (2002), a utilização apenas do

parâmetro  $a^*$  pode ser empregada para determinar o teor desse pigmento em cenoura com certa segurança. 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 essa uma metodologia mais prática e viável, dada a grande quantidade de raízes que são selecionadas a cada ciclo em programas de melhoramento.

A avaliação visual não foi eficiente na seleção para a coloração da raiz, devido à inexistência de diferença significativa para a maioria dos caracteres de cor, em razão, provavelmente, da existência de pouca variabilidade de ordem genética, conforme discutido anteriormente, uma vez que ambas as populações já possuíam raízes bastante escuras, indicando altos teores de  $\beta$ -caroteno.

Até o presente momento não há relatos na literatura de trabalhos semelhantes com cenoura para os caracteres avaliados. Este experimento permitiu quantificar os ganhos genéticos obtidos para cada caráter em cada população avaliada.

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância de caracteres de raiz de seis sucessivos ciclos de seleção para três populações de cenoura em fase de melhoramento

Fonte de Variação	Quadrado Médio											
População 1	gl	MAS	COM	DRA	DXR	DFR	L*X	a*X	b*X	L*F	a*F	b*F
Ciclos	5	8436,79*	184,56*	3,66*	0,86*	1,22*	128,92*	65,76	311,34*	42,43	63,66	227,13
Entre ciclos de seleção	20	863,25	35,61	0,27	0,21	0,28	13,76	102,71	81,41	20,27	145,10	140,78
Dentro de ciclos de seleção	720	675,00	27,63	0,17	0,29	0,24	7,22	24,26	42,33	5,99	26,66	36,96
Média	-	47,78	12,66	2,15	0,84	1,30	47,31	32,98	53,98	50,11	37,03	59,31
CVe (%)	-	5,74	4,46	2,90	11,09	2,93	1,08	5,37	2,31	1,50	5,87	3,43
CVg/CVe	-	2,83	1,93	2,64	2,45	2,26	1,87	0,50	1,08	0,55	0,50	0,51
População 2	MAS	COM	DRA	DXR	DFR	L*X	a*X	b*X	L*F	a*F	b*F	
Ciclos	5	3306,42*	307,41*	2,48*	0,42	1,12*	32,38	61,03	377,99*	5,11	106,99	364,23*
Entre ciclos de seleção	20	660,92	34,09	0,27	0,32	0,20	15,66	43,89	101,03	17,39	75,20	77,72
Dentro de ciclos de seleção	720	530,59	26,91	0,16	0,22	0,17	7,80	25,85	42,64	6,42	28,95	39,85
Média	-	46,09	12,98	2,07	0,79	1,28	47,59	32,98	54,43	50,52	36,94	59,54
CVe (%)	-	4,95	4,12	3,20	8,23	2,42	1,17	2,57	2,80	1,31	3,68	2,06
CVg/CVe	-	2,01	2,76	1,99	0,42	2,78	0,65	0,44	0,97	0,50	0,37	1,23
População 3	MAS	COM	DRA	DXR	DFR	L*X	a*X	b*X	L*F	a*F	b*F	
Ciclos	5	3689,75*	396,51*	3,13*	0,53	1,50*	94,41*	440,08*	335,28	4,27	377,33*	242,36
Entre ciclos de seleção	20	767,78	35,25	0,30	0,30	0,18	20,28	103,23	126,37	19,84	106,92	154,11
Dentro de ciclos de seleção	720	604,69	27,88	0,16	0,22	0,17	7,49	26,89	35,83	6,11	28,27	33,96
Média	-	46,00	13,16	2,03	0,77	1,26	47,34	32,23	53,53	50,45	36,15	58,94
CVe (%)	-	5,05	4,12	3,63	7,18	1,65	1,51	5,42	3,55	1,46	4,90	3,71
CVg/CVe	-	1,89	3,13	2,03	0,77	4,94	1,07	0,94	0,68	0,60	0,82	0,38

\*Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F; CVe: coeficiente de variação ambiental entre ciclos; e CVg: coeficiente de variação genético entre ciclos.

MAS: massa; COM: comprimento; DRA: diâmetro da raiz; DXR: diâmetro do xilema; DFR: diâmetro do floema; L\*X: parâmetro  $L^*$  do xilema; a\*X: parâmetro  $a^*$  do xilema; b\*X: parâmetro  $b^*$  do xilema; L\*F: parâmetro  $L^*$  do floema; a\*F: parâmetro  $a^*$  do floema; e b\*F: parâmetro  $b^*$  do floema.

**Tabela 3.** Comparação de médias por Scott Knott para caracteres de raiz de seis sucessivos ciclos de seleção para três populações de cenoura em fase de melhoramento

População 1	MAS	COM	DRA	DXR	DFR	L*X	a*X	b*X	L*F	a*F	b*F
1998*	41,39 b**	10,69 b	2,23 a	0,85 a	1,38 a	47,96 a	33,99 a	51,19 b	50,24 a	38,08 a	56,47 a
1998-1999*	46,42 b	11,66 b	2,26 a	0,85 a	1,41 a	47,49 a	32,42 a	55,30 a	50,54 a	37,52 a	59,99 a
1998-2000*	42,49 b	13,21 a	1,95 b	0,78 b	1,17 b	48,24 a	32,92 a	54,24 a	50,76 a	36,15 a	59,60 a
1998-2001*	43,13 b	13,26 a	1,92 b	0,72 b	1,20 b	47,81 a	33,41 a	54,98 a	50,34 a	36,76 a	60,26 a
1998-2002	49,99 b	13,28 a	2,18 a	0,86 a	1,32 a	46,95 a	33,24 a	55,07 a	49,57 a	37,22 a	60,54 a
1998-2003	63,28 a	13,87 a	2,34 a	0,97 a	1,38 a	45,45 b	31,96 a	53,15 b	49,25 a	36,46 a	59,04 a
População 2	MAS	COM	DRA	DXR	DFR	L*X	a*X	b*X	L*F	a*F	b*F
1998*	41,39 b	10,69 b	2,23 a	0,85 a	1,38 a	47,96 a	33,99 a	51,19 b	50,24 a	38,08 a	56,47 b
1998-1999*	46,42 b	11,66 b	2,26 a	0,85 a	1,41 a	47,49 a	32,42 a	55,30 a	50,54 a	37,52 a	59,99 a
1998-2000*	42,49 b	13,21 a	1,95 b	0,78 a	1,17 b	48,24 a	32,92 a	54,24 a	50,76 a	36,15 a	59,60 a
1998-2001*	43,13 b	13,26 a	1,92 b	0,72 a	1,20 b	47,81 a	33,41 a	54,98 a	50,34 a	36,76 a	60,26 a
1998-2002	47,81 b	14,18 a	2,01 b	0,74 a	1,27 b	47,24 a	32,03 a	56,30 a	50,64 a	35,65 a	61,64 a
1998-2003	55,33 a	14,92 a	2,08 b	0,84 a	1,24 b	46,84 a	33,14 a	54,59 a	50,66 a	37,50 a	59,33 a
População 3	MAS	COM	DRA	DXR	DFR	L*X	a*X	b*X	L*F	a*F	b*F
1998*	41,39 b	10,69 c	2,23 a	0,85 a	1,38 a	47,96 a	33,99 a	51,19 b	50,24 a	38,08 a	56,47 a
1998-1999*	46,42 b	11,66 c	2,26 a	0,85 a	1,41 a	47,49 a	32,42 a	55,30 a	50,54 a	37,52 a	59,99 a
1998-2000*	42,49 b	13,21 b	1,95 b	0,78 a	1,17 b	48,24 a	32,92 a	54,24 a	50,76 a	36,15 a	59,60 a
1998-2001*	43,13 b	13,26 b	1,92 b	0,72 a	1,20 b	47,81 a	33,41 a	54,98 a	50,34 a	36,76 a	60,26 a
1998-2002	46,33 b	14,79 a	1,94 b	0,80 a	1,14 b	46,48 b	31,97 a	52,04 b	50,36 a	35,14 b	58,37 a
1998-2003	56,27 a	15,36 a	1,93 b	0,69 a	1,24 b	46,07 b	28,69 b	53,48 a	50,49 a	33,30 b	59,01 a

MAS: massa; COM: comprimento; DRA: diâmetro da raiz; DXR: diâmetro do xilema; DFR: diâmetro do floema; L\*X: parâmetro L\* do xilema; a\*X: parâmetro a\* do xilema; b\*X: parâmetro b\* do xilema; L\*F: parâmetro L\* do floema; a\*F: parâmetro a\* do floema; e b\*F: parâmetro b\* do floema. \*Gerações em comum para as três populações que foram separadas em 2002. \*\*Letras minúsculas iguais nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

## CONCLUSÕES

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

Para massa e comprimento de raiz incrementos puderam ser verificados em ambas as populações, com correspondente decréscimo nas médias para os caracteres diâmetro de raiz e floema da raiz.

## REFERÊNCIAS

- Alves JC da S; Peixoto JR; Vieira JV & Boiteux LS (2004) Estimativas de parâmetros genéticos para um conjunto de caracteres de raiz e folhagem em populações de cenoura derivadas da cultivar Brasília. In: 44º Congresso Brasileiro de Olericultura, Brasília. Anais, ABH. p.475.
- Cruz CD (2006) Programa Genes - Biometria. 1. ed. Viçosa, Editora UFV. 382p.
- Cruz CD & Regazzi AJ (2001) Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa, Editora UFV. 390p.
- Embrapa Hortaliças (2008) Hortaliças em números. Disponível em: < [http://www.cnph.embrapa.br/paginas/hortaliças\\_em\\_números.htm](http://www.cnph.embrapa.br/paginas/hortaliças_em_números.htm)>. Acessado em: 11 de fevereiro de 2010.
- Michalik B, Zabagalo A & Zukowska E (1985) Investigation of the interdependence of root color and carotene content in carrot variety Selecta. Plant Breeding Abstract, 55:316.

Minolta (1994) Precise color communication: color control from feeling to instrumentation. Japão, Moody. 49p.

Pereira AS (2002) Teores de carotenóides totais em cenoura (*Daucus carota* L.) e sua relação com a coloração das raízes. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 128p.

Reis EF dos, Reis MS; Cruz CD & Sediyma T (2004) Comparação de procedimentos de seleção para produção de grãos em populações de soja. Ciência Rural, 34:685-691.

Silva GO & Vieira JV (2008) Componentes genéticos e fenotípicos para caracteres de importância agrônômica em população de cenoura sob seleção recorrente. Horticultura Brasileira, 26:481-485.

Vencovsky R (1987) Herança quantitativa. In: Paterniani E & Viegas GP (Eds.) Melhoramento e produção do milho. 2. ed. Campinas, Fundação Cargill. p.137-214.