

Consequências da domesticação em feijão-comum para o melhoramento de plantas¹

Juliano Garcia Bertoldo^{2*}, Raquel Paz da Silva³, Rodrigo Favreto⁴

Como tem sido frequentemente evidenciado, é provável que não existam dois indivíduos exatamente iguais. Todos os animais selvagens reconhecem-se uns aos outros, mostrando que há alguma diferença entre eles; com os olhos treinados um pastor conhece cada ovelha e o Homem pode distinguir um amigo dentre milhões de outros homens.

(DARWIN, C. Animals and Plants under Domestication, v.I, p.361)

Resumo – O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma das mais importantes leguminosas cultivadas no mundo. A domesticação de plantas teve grande impacto no surgimento da agricultura. As principais modificações promovidas a partir do momento da domesticação do feijão-comum estão relacionadas à perda da dispersão de sementes, perda da dormência nas sementes, redução no tempo de maturação, arquitetura de planta e componentes primários do rendimento de grãos. Outras modificações importantes são: folhas maiores; caule mais robusto; flores, sementes e vagens maiores; sementes com maior permeabilidade a água, o que propiciou um cozimento mais rápido e maior uniformidade na germinação.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., melhoramento de plantas, mudanças nos caracteres agronômicos.

Consequences of common bean domestication for plant breeding

Abstract – The common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is one of the most important legume grown worldwide. The domestication of plants had a major impact on the rise of agriculture. The main changes promoted from domestication of common bean are linked to loss of seed dispersal, loss of seed dormancy, reduced time maturity, plant architecture and the yield primary components. Other important changes include: larger leaves, more robust stems, flowers, seed pods larger; seeds with higher water permeability which provided a faster cooking and more uniform germination.

Key words: *Phaseolus vulgaris* L., plant breeding, change in agronomic traits.

Introdução

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é o mais difundido alimento proveniente de leguminosas do mundo, por ser uma importante fonte de proteínas e calorias para mais de 500 milhões de pessoas na América Latina e na África (FAO, 2005). É a espécie mais cultivada no mundo entre as do gênero *Phaseolus*, tendo o Brasil como o maior produtor e ao mesmo tempo o maior consumidor (BERTOLDO

et al., 2008). O grande consumo de feijão-comum no Brasil se deve aos aspectos sociais, econômicos e culturais, consistindo em um dos alimentos básicos dos brasileiros e integrante dos hábitos de consumo de grande parcela da população (RAMOS JUNIOR et al., 2005).

Apesar da importância mundial do feijão-comum, o consumo e a área cultivada estão diminuindo com o passar dos anos. Para se ter uma ideia, a produção brasileira de feijão obtida em 2007, consideran-

¹ Manuscrito submetido em 07/11/2011 e aceito para publicação em 04/10/2012.

² Biólogo, Dr. em Recursos Genéticos Vegetais, Pesquisador da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária – FEPAGRO Litoral Norte. Rodovia RS 484, Km 5 – 95530-000 – Maquiné/RS – Brasil. jgbertoldo@fepagro.rs.gov.br. * Autor para correspondência.

³ Eng^a. Agrônoma, Dra. em Fruticultura, Pesquisadora da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária – FEPAGRO Litoral Norte. Rodovia RS 484, Km 5 – 95530-000 – Maquiné/RS – Brasil. raquel-silva@fepagro.rs.gov.br.

⁴ Eng^o. Agrônomo, Dr. em Botânica, Pesquisador da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária – FEPAGRO Litoral Norte. Rodovia RS 484, Km 5 – 95530-000 – Maquiné/RS – Brasil. rfavreto@fepagro.rs.gov.br.

do-se as três safras do produto, totalizou 3.242.290 toneladas, registrando um decréscimo de 6,2 % em relação ao ano anterior, sendo inferior em 4,6 % ao consumo anual do produto, que é de cerca de 3.400.000 toneladas IBGE (2010). Um dos fatores que contribuem para tal cenário é o fato de que com as mudanças no cotidiano, o tempo de preparo do feijão-comum deve ser reduzido, no sentido de atender a parte da população que não encontra disponibilidade de tempo para um cozimento prolongado (BERTOLDO et al., 2008). Por outro lado, a produção nacional de feijão registrada em 2009, considerando-se as três safras do produto, foi de 3.478.775 t, 0,5% maior que a observada em 2008 enquanto que a área colhida de 4.129.423 ha também apresentou um crescimento de 9,3 % (LEVANTAMENTO SISTEMÁTICO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA, 2009). Analisando a série histórica da área colhida de feijão no Brasil entre 1920 e 2006 (IBGE, 2012) percebem-se flutuações, indo de 672.912 ha em 1920 a 5.480.286 ha em 1985. Com relação à produtividade, esta variou de 1.077,51 kg.ha⁻¹ em 1920 a 372,09 kg.ha⁻¹ em 1970 (IBGE, 2012).

Devido à oscilação nacional na produção agrícola do feijão-comum e por ser cultivado por diversas categorias de agricultores, desde a agricultura familiar, com escasso ou nenhum uso de tecnologia, até o grande empresário agrícola, com utilização da mais moderna tecnologia de produção (MELO et al., 2007), é importante que mudanças sejam realizadas, no sentido de valorizar este recurso genético. O entendimento de aspectos do processo de domesticação, como por exemplo, a redução ou não na variabilidade e a modificação de características agrônômicas, pode propiciar uma melhoria no desenvolvimento de novas cultivares, no sentido de direcionamento do programa de melhoramento. A utilização de genitores selvagens em programas de melhoramento do feijão-comum pode contribuir para superar o efeito fundador, ou seja, a redução de variabilidade propiciada pela domesticação e ampliar a variabilidade genética para a expressão da produção de sementes (BLAIR et al., 2006).

Taxonomia

O feijão-comum é classificado como pertencente à divisão *Magnoliophyta*, classe *Magnoliopsida*, subclasse *Roseda*, ordem *Fabales*, família *Fabaceae*, subfamília *Faboideae*, gênero *Phaseolus*, espécie *P. vulgaris*, sendo o gênero *Phaseolus* representado por cerca de 55 espécies, e destas apenas cinco são cultivadas: *P. acutifolius* L., *P. coccineus* L., *P. lunatus* L., *P. polyanthus* Greenman e *P. vulgaris* L., sen-

do que, dentre estas espécies, o feijão-comum é o mais cultivado, representando cerca de 85 % da área mundial total de cultivo (SINGH, 2001). Dados mais atuais consideram a existência de 70 espécies no gênero, sendo que destas, cinco foram domesticadas e outras espécies apresentam sinais de domesticação incipiente (DELGADO-SALINAS et al., 2006).

Devido ao fato das cinco espécies cultivadas possuírem 22 cromossomos, ($2n = 2x = 22$) é possível que as formas cultivadas atuais de *Phaseolus* sejam provenientes da hibridação entre duas ou três delas, sugerindo que as formas cultivadas e selvagens devem apresentar fácil intercruzamento (RAMALHO et al., 1993). Tal fato pode ser importante para o melhoramento genético da espécie, uma vez que há proximidade genética entre elas, o que pode facilitar as hibridações, intra ou interespecíficas.

De modo geral, a diversidade para o gênero *Phaseolus* L. está organizada em dois grupos (*pool*) gênicos: i) *pool* gênico primário: compreende todos os genótipos da espécie, tanto cultivados quanto selvagens e; ii) *pool* gênico secundário: constituído pelas espécies *P. coccineus*, *P. polyanthus* e *P. vulgaris* (mais aparentadas) e os híbridos formados (SCHONHOVEN e VOYSEST, 1991; SINGH, 2001). Ainda, o feijão-comum é considerado um cultivo não centralizado, ou seja, sua domesticação foi realizada em diferentes locais, sendo que a distribuição ocorre desde a América Central e América do Sul, principalmente na região andina (GEPTS et al., 1986).

Assim sendo, a elaboração de estratégias que permitam a conservação dos tipos selvagens e das variedades locais ou crioulas (*landraces*) são fundamentais para, entre outros: i) manutenção do *pool* gênico; ii) utilização em programas de melhoramento e; iii) conservação da espécie.

Etnohistória

No estudo da origem e da domesticação do feijão-comum, diferentes autores discutem metodologias/estratégias diferenciadas, incluindo registros: (a) arqueológicos; (b) botânicos; (c) históricos e; (d) linguísticos.

De forma sucinta, pode ser evidenciado que: (a) muitos vestígios de feijão-comum foram localizados, não somente nos Andes, mas na América Central e do Norte. Os vestígios consistiram de sementes, vagens e plantas (KARPLAN e MACNEISH, 1960; KARPLAN et al., 1973; KARPLAN et al., 1981). Ainda, de acordo com Schoonhoven e Voysest (1991), esses achados arqueológicos compartilham duas características: estão localizados em áreas secas entre os Andes e a América Central e somente

incluem vestígios de feijão-comum domesticado. Tal fato pode dificultar o entendimento da origem e da domesticação do feijão-comum nas Américas; (b) abrange as características morfológicas e distribuição geográfica de formas selvagens e relação genética entre as formas selvagens e domesticadas; (c) compreendem os relatos das civilizações pré-colombianas (astecas) e dos primeiros europeus na América (Colombo) e; (d) o estudo do vocabulário de muitas linguagens nativas indígenas pode colaborar no entendimento da etnohistória, onde, de acordo com cada povo indígena, diferentes denominações foram atribuídas ao feijão-comum, como por exemplo, *purutu* na linguagem Quéchua nos Andes, *etl* na linguagem Nahuatl na América Central e *tobi*, na linguagem Choctaw na América do Norte (SCHOONHOVEN e VOYSEST, 1991).

Vavilov (1951), com base no método fitogeográfico, revelou que o centro de diversidade genética das espécies de feijão *P. acutifolius*, *P. coccineus*, *P. lunatus*, e *P. vulgaris* estava localizado no México e na América Central e encontrou nessas áreas maior variedade de formas dessas espécies. Gepts (1984) apresentou evidências filológicas e históricas a favor da origem americana do feijão. Dados recentes sugerem que as variedades atuais de feijão são o resultado de múltiplos eventos de domesticação, com dois centros primários, um na América Central e o outro ao Sul dos Andes (Sul do Peru, Bolívia e Norte da Argentina) (Freitas, 2006). De modo contrário, Freitas (2006) propôs que a origem do feijão deva ser circunscrita a um único evento, com um centro de origem e múltiplos centros de diversidade, contrariamente às hipóteses de múltiplos centros de origem, porém nas Américas.

Assim sendo, a existência de registros arqueológicos, botânicos, históricos e linguísticos nas Américas corrobora com a evidência de que a origem do feijão-comum tenha ocorrido nas Américas. A partir das informações sobre a etnohistória do feijão, fica evidente a importância do feijão-comum na história dos cultivos domesticados, bem como propicia uma melhor compreensão do processo de domesticação. A evidência linguística é um forte argumento de que os antigos povos utilizavam o feijão-comum na alimentação e, sobretudo, corrobora a importância sociocultural desse grão, pois provavelmente havia intercâmbio entre esses povos.

Características modificadas e impactos na mudança da cultura

A domesticação de plantas pelo homem teve grande impacto no surgimento da agricultura atual:

a passagem de caçadores-coletores para agricultores promoveu modificações adaptativas nas espécies “promovidas” e serviu de base para a agricultura atual, passando de um nível de subsistência para um elevado nível tecnológico. Para Groos e Olsen (2010), as plantas domesticadas têm propiciado um excelente estudo para muitos campos da biologia de plantas, desde a biologia molecular até a genética de populações, bem como outras disciplinas como a etnobotânica e arqueologia.

A domesticação é um processo de coevolução (CLEMENT, 1999). Coevolução pode ser definida como uma mudança evolutiva de um caráter nos indivíduos de uma população em resposta a um caráter de uma segunda população, seguido pela resposta evolutiva da segunda população modificando a primeira (JANZEL, 1980). Ainda, o processo de domesticação pode ser definido com um contínuo aumento na codependência entre as plantas e as pessoas (ZEDER, 2006).

O processo de domesticação de plantas iniciou aproximadamente há dez mil anos, a partir da agricultura (HARLAN, 1992), o que promoveu modificações nas características das plantas e animais, dando origem a milhares de espécies domesticadas que hoje formam a base da oferta mundial de alimentos (MCCOUCH, 2004). Para Vaughan et al. (2007), a passagem de coletores de plantas selvagens para o cultivo envolveu um aumento na interação entre os humanos e as plantas cultivadas. Deste modo, durante o processo de domesticação, os agricultores, consciente ou inconscientemente, promoveram seleções entre os melhores materiais no germoplasma silvestre, de modo que muitos foram utilizados para o uso humano e cultivo (FRARY e DOGANLAR, 2003). Assim sendo, se não houvesse uma modificação nas plantas e animais, e se o homem não mudasse o seu hábito de vida, talvez a agricultura, na forma atual, não existisse.

A domesticação de plantas e animais propiciou modificações em suas características, de modo que as atuais espécies domesticadas são diferenciadas dos antecessores, pela seleção de características morfológicas e fisiológicas (FRARY e DOGANLAR, 2003), o que pode ser denominado de síndrome de domesticação. Um aspecto pertinente é que as mudanças nas características das plantas promovidas pela seleção humana acarretaram na síndrome de domesticação, geralmente propiciando uma melhor adaptação das plantas modificadas pela seleção humana em detrimento às selvagens promovidas pela seleção natural. Segundo Crawley e Brown (1995), algumas características da síndrome de domesticação são consideradas desvantajosas para

as plantas selvagens. Algumas modificações nas características das plantas, como por exemplo, a perda de dispersão de sementes, podem não ser vantajosas para as espécies selvagens, uma vez que, havendo uma menor dispersão de sementes, o *fitness adaptativo* é menor, ou seja, há uma redução no número de progênes da espécie.

Sendo assim, a base para as espécies domesticadas são as espécies selvagens utilizadas no processo de domesticação. A domesticação de plantas é um processo conduzido pelo homem através do qual cultivares modernas ou locais surgem a partir de genitores selvagens (CHACÓN et al., 2005). Ainda, de acordo com os autores, os genitores selvagens são as bases genéticas das variedades locais ou crioulas (*landraces*) e estas constituem a base genética das atuais cultivares modernas.

O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma espécie que apresenta grande diversidade promovida ou não pela ação do homem, entre os diferentes genótipos selvagens, crioulos e modernos, seja pelas características morfológicas (tamanho, forma e cor do grão), bioquímicas (propriedades nutricionais) e fisiológicas (florescimento e maturação de grãos). As principais modificações promovidas, a partir da domesticação do feijão-comum, estão relacionadas à: a) perda da dispersão de sementes; b) perda da dormência nas sementes; c) redução do tempo de maturação; d) arquitetura de planta e; e) incremento nos componentes primários do rendimento (número de legumes por planta, número de grãos por legume, por exemplo) (Tabela 1). Outras modificações importantes são: folhas maiores; caule mais robusto; flores, sementes e legumes maiores; sementes com maior permeabilidade à água (o que propiciou um cozimento mais rápido e maior uniformidade na germinação) (EVANS, 1980; SMARTT, 1988).

a) Perda da dispersão das sementes

Nas leguminosas, a abertura da vagem na maturação libera as sementes, promovendo a dispersão das mesmas. Entretanto, as plantas anuais domesticadas da família das leguminosas perderam a habilidade de dispersar suas sementes, pelo fato das vagens permanecerem fechadas na maturação, facilitando a colheita dos grãos (GEPTS e PAPA, 2002). Deste modo, provavelmente durante o processo de domesticação do feijão-comum, foram selecionadas (inconscientemente ou conscientemente) as plantas que apresentavam um fechamento de vagem prolongado, e estas, a partir de sucessivas seleções, se diferenciaram das selvagens, ou seja,

apresentaram a síndrome de domesticação. Gepts (2004) destacou que juntamente com a perda de dormência, a perda da dispersão das sementes representa a mais importante característica modificada pela síndrome de domesticação.

A principal consequência da perda da dispersão das sementes para os atuais cultivares é o maior rendimento, pois nas espécies domesticadas esse processo evolutivo é reduzido. As perdas nas safras podem ser significativamente reduzidas, uma vez que o número de sementes inutilizadas, do ponto de vista agrônomo, é menor, o que pode propiciar um aumento no rendimento final.

b) Perda da dormência nas sementes

No feijão-comum selvagem a dormência das sementes representa um mecanismo para promover a manutenção da espécie. A dormência previne a germinação prematura (por exemplo, em anos desfavoráveis), porém, a partir da domesticação, houve uma perda completa ou parcial da capacidade de dormência, promovendo a germinação simultânea e a uniformidade na população para colheita (GEPTS, 2004).

Tal fato propiciou uma maior eficiência na germinação das sementes, ou seja, houve um aumento na capacidade de germinação. Como consequência, houve a redução no número de sementes necessário nas linhas de cultivo (densidade de plantas), o que reduziu o custo de produção e perdas nas safras agrícolas.

c) Redução no tempo de maturação

Com o aumento da população houve a necessidade de intensificar o cultivo, o que foi feito com o avanço da agricultura, sendo que a redução no ciclo de maturação propiciou, em muitos ambientes, um maior número de safras num mesmo ano. Além disso, devido à dispersão da cultura de feijão-comum dos seus centros de origem para novas áreas, em latitudes maiores, a seleção foi praticada para os genótipos insensíveis ao comprimento do dia, em comparação com o genitor selvagem, que somente floresce em dias curtos (KOINANGE et al., 1996).

Mudanças no ciclo de planta nas cultivares modernas foram drásticas, quando comparadas aos genitores, promovendo o surgimento de cultivares cada vez mais precoces. Com a redução no ciclo de maturação, foi possível o cultivo em até três safras agrícolas por ano, propiciando o cultivo de outras culturas dentro da janela agrícola, por exemplo.

d) Arquitetura de planta

A domesticação da maioria das espécies cultivadas propiciou uma redução na arquitetura das plantas. Uma das características adicionais que distinguem as plantas domesticadas dos seus ancestrais selvagens é o hábito de crescimento “compacto” (GEPTS e PAPA, 2002, GEPTS, 2004). Por exemplo, em legumes, os ancestrais silvestres são mais ramificados enquanto que os descendentes apresentam menos ramos (GEPTS e PAPA, 2002).

As modificações para a redução de estatura das plantas provavelmente estejam relacionadas com a facilidade de colheita, mecanizada ou não, com o incremento do rendimento de plantas individuais e a diminuição na competição dentro das plantas, o que promove um aumento no índice de colheita (DONALD, 1968). Assim, uma maior estatura de planta, por exemplo, nas espécies selvagens, auxilia na competição com outras plantas pela luz do sol e outros recursos, enquanto que, nas espécies domesticadas, devido à menor capacidade competitiva, se não houvesse uma redução nas estaturas das plantas, haveria uma maior competição entre as plantas da mesma cultura (GEPTS e PAPA, 2002), reduzindo deste modo o rendimento.

Segundo Evans (1993), enquanto as plantas selvagens apresentavam um índice de colheita entre 20 e 30 %, as cultivares modernas apresentam um índice de colheita de 60 % ou mais. A estatura foi reduzida, entre a espécie domesticada e o ancestral selvagem, onde algumas cultivares modernas apresentam estaturas inferiores a 50 cm (GEPTS e PAPA, 2002). Além disso, outra consequência importante da redução da estatura de planta para o cultivo atual de feijão-comum foi a possibilidade de reduzir a competição pela luz do sol (GEPTS e PAPA, 2002).

e) Componentes primários do rendimento de grãos

A partir da seleção de genótipos mais produtivos ou responsivos ao efeito de ambiente, mudanças na morfologia e na fisiologia propiciaram o surgimento de novas plantas portadoras de características desejáveis pelos agricultores. Tal fato evidenciou mudanças cruciais para o cultivo do feijão-comum, como o incremento no número de legumes por planta, no número de grãos por legume, na massa de grãos, no comprimento de legume, características essas associadas a certo gigantismo. A seleção pelos humanos originou legumes e sementes mais largas ou gigantismo (KOINANGE et al., 1996). A combinação de modificações em diversas características do feijão-comum resultou no incremento do rendimento de grãos, quando comparado com as espécies selvagens.

De modo geral, pode ser dito que as modificações dentro de uma mesma espécie domesticada variam de acordo com: *i)* objetivo de uso; *ii)* intensidade de seleção; *iii)* característica a ser melhorada. Assim, os três aspectos geralmente são complementares, variando a intensidade de cada um: sendo o objetivo o incremento no rendimento de grãos, maior será a intensidade de seleção, pois o caráter rendimento de grãos é governado por muitos genes de pequeno efeito sobre o fenótipo, ou seja, é classificado como quantitativo (FALCONER, 1996; ALLARD, 1999).

Um conceito interessante proposto por Vaughan et al. (2007) é o de espécies superdomesticadas, se referindo ao processo que leva a uma domesticação tão drástica para o incremento no rendimento de grãos que não existiria nos ambientes naturais, a partir da ocorrência natural de variação (seleção

Tabela 1 – Síndrome da domesticação a partir do comparativo entre dois genótipos de feijão-comum: selvagem (G12873) e domesticado (cultivar Midas)

Atributo geral	Característica	Selvagem	Domesticado
Dispersão de semente	Fibras do legume	Presente	Ausente
Dormência de semente	Germinação	70,5 %	100 %
Hábito de crescimento	Determinação	Indeterminado	Determinado
Gigantismo	Tamanho de legume	5,7 cm	9,8 cm
	Peso de 100 sementes	3,5 g	19,5 g
Precocidade	Número de dias para o florescimento	69	46
	Número de dias para a maturação	107	80
Índice de colheita	Produção de sementes/biomassa	0,42	0,62

*Adaptado de Koinange et al. (1996).

natural). Ou seja, acarreta uma seleção fora do ambiente natural, promovida pelo homem de forma conduzida e numa intensidade muito superior à da seleção natural. Assim, como consequência dessa superdomesticação, as plantas permanecem na dependência do homem para a sua sobrevivência.

As plantas domesticadas perderam a sua capacidade de sobreviver sozinhas na natureza (DARWIN, 1859). A resposta de adaptação aos ambientes difere entre espécies selvagens e domesticadas, sendo, no caso de cultivares modernas, limitado. Contrastando com as populações primitivas e naturais, muitas das modernas cultivares são extremamente uniformes, limitando a resposta adaptativa (FRANKEL e BENNETT, 1970). Segundo os autores, tais dificuldades podem ser explicadas por dois fatores: *i)* o cultivo de uma mesma cultivar em vários ambientes durante diferentes anos, ou seja, numa maior intensidade e; *ii)* as cultivares modernas podem enfrentar mudanças no ambiente de cultivo, o que pode promover a perda parcial ou total da safra.

Nos últimos anos, o interesse entre os cientistas de plantas pelo processo de domesticação de culturas tem crescido mediante o estudo dos caracteres quantitativos e a clonagem de genes, o que providenciou novas ferramentas e um melhor entendimento das questões relacionadas às origens e à duração da domesticação e na identificação das bases moleculares da domesticação (GEPTS, 2004).

Segundo Vaughan et al. (2007), está sendo promovido um novo momento de conhecimento humano sobre o aspecto genético da influência na domesticação de culturas. Desse modo, tais conhecimentos são importantes para direcionar programas de melhoramento e de conservação dos recursos genéticos vegetais, uma vez que, com o efeito da seleção durante a domesticação e a partir do melhoramento, houve uma limitação progressiva na variação genética. Tanto para a conservação, quanto para os programas de melhoramento, a variabilidade genética é fundamental para a continuidade da espécie alvo. A variabilidade genética está sob constante pressão em direção à sua extinção, por várias causas, entre as quais, o uso de cultivares uniformes, que constitui uma exigência de mercado da agricultura conceitualmente tida como moderna (RODRIGUES et al., 2002).

Considerações finais

As principais modificações promovidas a partir da domesticação do feijão-comum estão relacionadas à perda da dispersão de sementes, perda da

dormência nas sementes, redução do tempo de maturação, arquitetura de planta e incremento nos componentes primários do rendimento.

O conhecimento dos caracteres modificados é importante para direcionar programas de melhoramento e de conservação dos recursos genéticos vegetais, pois muitas vezes o ideótipo de planta objetivado em um programa de melhoramento deve levar em consideração os aspectos peculiares de cada espécie; uma vez reduzida drasticamente a variabilidade genética, o programa de melhoramento está comprometido, pois depende, em sua essência, desta variabilidade, bem como a conservação de uma espécie. A síndrome de domesticação é um fator chave para o sucesso agrícola atual, pois a partir das modificações promovidas houve um incremento significativo no rendimento.

Referências

- ALLARD, R.W. **Principles of plant breeding**. New York: Wiley, 1999. 257 p.
- BERTOLDO, J. G.; COIMBRA, J. L. M.; SILVEIRA, C. B.; TOTALDO, D. Efeito de diferentes concentrações salinas na redução do tempo de cocção de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) **Biotemas**, Florianópolis, v. 21, n. 3, p. 39-44, 2008.
- BLAIR, M. W.; IRIARTE, G.; BEEBE, S. QTL analysis of yield traits in an advanced backcross population derived from a cultivated Andean 9 wild common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cross. **Theoretical Applied Genetics**, Berlin, v. 112, p. 1149-1163, 2006.
- CHACÓN, M. I.; PICKERSGILL, S. B.; DEBOUCK, D. G. Domestication patterns in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and the origin of the Mesoamerican and Andean cultivated races. **Theoretical Applied Genetics**, Berlin, v. 110, p. 432-444, 2005.
- CLEMENT C. R. 1492 and the loss of Amazonian crop genetic resources. I. The relation between domestication and human population decline. **Economy Botany**, New York, v. 53, p. 188-202, 1999.
- CORDEIRO, A.; MARCATTO, C. Milho: a volta das variedades crioulas. In: GAIFANI, A.; CORDEIRO, A. (Org.). **Cultivando a diversidade: recursos genéticos e segurança alimentar**. Rio de Janeiro: Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 1994. 205 p.
- CRAWLEY, M. J.; BROWN S. L. Seed limitation and the dynamics of feral oilseed rape on the M25 motorway. **Proceedings of the Royal Society of London**. Series B, v. 259, p. 49-54, 1995.
- DARWIN C. **The origin of species by natural selection or the preservation of favoured races in the struggle for life**. 1. ed. London: John Murray, 1859. 502 p.
- DARWIN, C. **The Variation of Animals and plants under domestication**. New York: D. Appleton & Company. 1897. 486 p.

- DELGADO-SALINAS, A.; BIBLER, R.; LAVIN, M. Phylogeny of the genus *Phaseolus* (Leguminosae): a recent diversification in an ancient landscape. **Systematic Botany**, Laramie, v. 31, p. 779-791, 2006.
- DONALD, C. The breeding of crop ideotypes. **Euphytica**, Wageningen, v. 17, p. 385-403, 1968.
- EVANS, A. M. Structure, variation, evolution, and classification in *Phaseolus*. In: SUMMERFIELD, R. J.; BUNTING, A. H. **Advances in legume science**. Kew: Royal Botanic Gardens. p. 337-347, 1980.
- EVANS, L. T. **Crop evolution, adaptation, and yield**. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK, 1993. 500 p.
- FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F.C. **Introduction to quantitative genetics**. 4. ed. England: Longman, 1996. 463 p.
- FAO. **Faostat**. Roma: FAO, 2005. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 9 de julho de 2009.
- FRANKEL, O. H.; BENNETT, E. **Genetics resources in plants – their exploration and conservation**. Great Britain: Blackwell Scientific Publications, 1970. 557 p.
- FRARY, A.; DOGANLAR, S. Comparative Genetics of Crop Plant Domestication and Evolution. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, Ankara, v. 27, p. 59-69, 2003.
- FREITAS, F.O. Evidências genético-arqueológicas sobre a origem do feijão comum no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 7, p. 1199-1203, 2006.
- GEPTS, P.; OSBORN, T. C.; RASHKA, K.; BLISS, F. A. Phaseolin-protein variability in wild forms of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.): evidence for multiple centers of domestication. **Economy Botany**, New York, v. 40, p. 451-468, 1986.
- GEPTS, P.; PAPA R. 2002. **Evolution during domestication**. In: Encyclopedia of life sciences. London: Nature Publishing Group, p. 1-7.
- GEPTS, P. Crop Domestication as a Long-term Selection Experiment. **Plant Breeding Reviews**, New York, v. 24, Part 2, p. 1-44, 2004.
- GROSS, B. L.; OLSEN, K. M. Genetic perspectives on crop domestication. **Trends in Plant Science**, Cambridge, v. 15, p. 529-537, 2010.
- HARLAN, J. R. Breeding success brings a peril. **Crops Soils**, Madison, v. 72, p. 5-6, 1972.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Confronto das safras de 2007 e das estimativas para 2008 – Brasil**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/agropecuaria/lspa/defaulttab.shtm>>. Acesso em 14 de agosto 2010.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Disponível em: < ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_%5Bmensal%5D/Fasciculo/2009/>. Acesso em: 5 de setembro de 2010.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Séries Estatísticas e Históricas**. Disponível em: < http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/lista_tema.aspx?op=0&no=1>. Acesso em: 06 mar. 2012.
- JANZEN, D. H. When is it coevolution?, **Evolution**, Malden, v. 34, p. 611-612, 1980.
- KAPLAN, L.; MACNEISH, R. S. Prehistoric bean remains from caves in the Ocampo region of Tamaulipas, Mexico. **Harvard University Botanical Museum Leaflets**, Cambridge, v. 19, p. 33-56, 1960.
- KARPLAN, L.; LYNCH, T. F.; SMITH, C. E. Early cultivated beans (*Phaseolus vulgaris*) from an intermontane Peruvian valley. **Science**, New York, v. 179, p. 76-77, 1973.
- KARPLAN, L. What is the origin of the common bean? **Economic Botany**, New York, v. 35, n. 2, p. 240-252, 1981.
- KOINANGE, E. M. K.; SINGH, S. P.; GEPTS, P. Genetic Control of the Domestication Syndrome in Common Bean. **Crop Science**, Madison, v. 36, p. 1037-1045, 1996.
- MCCOUCH, S. Diversifying Selection in Plant Breeding. **PLoS Biology**, Cambridge, v. 2, n. 10, p. 1507-1512, 2004.
- MELO, L. C.; MELO, P. G. S.; FARIA, L. C.; DIAZ, J. L. C.; DEL PELOSO, M. J.; RAVA, C. A.; COSTA, J. G. C. Interação com ambientes e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum na Região Centro-Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 5, p. 715-723, 2007.
- RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; ZIMMERMANN, M. J. O. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações no melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: UFG, 1993. 271 p.
- RAMOS JÚNIOR, E. U.; LEMOS, L. B.; SILVA, T. R. B. Componentes da produção, produtividade de grãos e características tecnológicas de cultivares de feijão. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 1, p. 75-82, 2005.
- RODRIGUES, L. S.; ANTUNES, I. F.; TEIXEIRA, M. G.; SILVA, J. B. Divergência genética entre cultivares locais e cultivares melhoradas de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 9, p. 1275-1284, 2002.
- SINGH, S. P. Broadening the genetic base of common beans cultivars: A review. **Crop Science**, Madison, v. 41, p. 1659-1675, 2001.
- SMARTT, J. Morphological, physiological and biochemical changes in *Phaseolus* beans under domestication. In: GEPTS, P. **Genetics Resource of Phaseolus beans**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1988 p. 143-161.
- VAN SCHOONHOVEN, A.; VOYSEST, O. (Eds) **Common Beans: research for crop improvement**. Wallingford: CAB International. 1991. 984p.
- VAUGHAN, D. A.; BALÁZS, E.; HESLOP-HARRISON, J. S. From Crop Domestication to Super-domestication. **Annals of Botany**, London, v. 100, p. 893-901, 2007.
- VAVILOV, N. I. **The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants**. Translated from the Russian by K. Starchester. Ronald Press. New York. 1951. p 37-38.
- ZEDER, M. A. Central questions in the domestication of plants and animals. **Evolutionary Anthropology**, Malden, v. 15, p. 105-117, 2006.