Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Diversidade genética, domesticação e plasticidade fenotípica de feijão-fava
(*Phaseolus lunatus* L.)

Josilane Souza da Penha

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em
Ciências. Área de concentração: Genética e
Melhoramento de Plantas

Piracicaba
2018

Josilane Souza da Penha
Bacharel em Ciências Biológicas

Diversidade genética, domesticação e plasticidade fenotípica de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.)

Orientador:
Prof. Dr. **GIANCARLO CONDE XAVIER OLIVEIRA**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em Ciências. Área de concentração: Genética e Melhoramento de Plantas

Piracicaba
2018

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP**

Penha, Josilane Souza da

Diversidade genética, domesticação e plasticidade fenotípica de feijão-fava
(*Phaseolus lunatus* L.) / Josilane Souza da Penha. -- Piracicaba, 2018.

86 p.

Tese (Doutorado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz".

1. *Phaseolus lunatus* L. 2. Índice de Plasticidade Fenotípica 3. cpSSR 4.
ncSSR 5. Diversidade genética 6. Domesticação. I. Título

RESUMO

Diversidade genética, domesticação e plasticidade fenotípica de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.)

O feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) é uma importante espécie da família Fabaceae, que possui ampla distribuição mundial. A origem e a domesticação da espécie são apontadas no continente americano, no entanto, os locais exatos ainda não estão totalmente esclarecidos, devido à ampla distribuição e a escassez de populações silvestres. Além disso, a perda de germoplasma de feijão-fava em muitas áreas de distribuição natural, o que mostra a importância dos Bancos de Germoplasma, da caracterização da diversidade e dos estudos de domesticação da espécie. O estudo da diversidade genética a nível molecular vem sendo bastante realizado, os marcadores moleculares de microssatélites (SSR), se destacam. O feijão-fava conta com poucos estudos usando como ferramentas os SSRs, não possuindo locos específicos para a espécie, o que limita o conhecimento sobre sua genética. Assim, objetivou-se desenvolver locos microssatélites nucleares (ncSSR) específicos a espécie para estudar a diversidade genética, bem como, o processo de domesticação entre acessos silvestres e domesticados em diferentes países (Brasil, México, Peru, Colômbia e Argentina), por marcadores SSR cloroplastidiais (cpSSR), além de estudar a plasticidade fenotípica de acessos brasileiros. Estimou-se a plasticidade fenotípica de 12 acessos do Brasil em quatro ambientes com diferentes adubos (1 – controle sem adubação; 2 – adubação mineral NPK; 3 – adubação orgânica de esterco bovino; 4 – adubação mineral e orgânica). O delineamento foi inteiramente casualizado com três repetições. Os caracteres avaliados foram: Número de Dias para Floração (NDF), Número de Dias para Maturação (NDM), Número de Vagens por Planta (NVP), Número de Sementes por Planta (NSP), Comprimento de vagem (CV), Largura da Vagem (LV), Número de Lóculos por Vagem (NLV), e Peso de Cem Sementes (P100S). Realizou-se a análise de variância e estimou-se o índice de Plasticidade Fenotípica (IPF) e a Correlação de Pearson entre os caracteres. Para a determinação da diversidade e estrutura genética foram usados marcadores microssatélites, sendo cinco locos cloroplastidiais (cpSSR) e três locos nucleares (ncSSR), em 44 acessos de feijão-fava. Foi possível detectar-se plasticidade fenotípica nos acessos de feijão-fava. Todos os caracteres, com exceção de NDF e NSV, apresentaram interação genótipo $\times$ ambiente significativa para os quatro ambientes avaliados. NVP e NSP tiveram os maiores IPF (0,82) e NDF o menor (0,06), sendo assim o mais e o menos plástico, respectivamente, nos quatro ambientes. A maior correlação positiva foi observada entre NVP $\times$ NSP, de modo que seus valores variam na mesma direção. NVP $\times$ P100S apresentaram a maior correlação negativa. A diversidade genética observada com marcadores microssatélites nucleares e cloroplastidiais mostrou-se maior em acessos do México (cpSSR = 0,163; ncSSR = 0,15), seguido do Brasil (cpSSR = 0,111; ncSSR = 0,00). Em nível de variedades, os acessos silvestres tiveram menor diversidade em cpSSR (0,16) e maior em ncSSR (0,14) do que os domesticados (cpSSR = 0,119; ncSSR = 0,02). Altos níveis de variação e diferenciação genética foram observadas entre países, com 94% da variação e F_{st} = 0,874 e entre variedades, com 87% e F_{st} = 0,944 em cpSSR. Já em ncSSR, variação e diferenciação maiores ocorreram entre acessos (61%; F_{st} = 0,771) e dentro de variedades (80%; F_{st} = 0,778). Essas diferenças podem estar relacionadas a diferenças no padrão de herança dos marcadores. Os SSR cloroplastidiais são mais conservados e tem herança maternal. Assim, os acessos de mesmo país conservam os mesmos haplótipos, apresentando baixa diferenciação entre eles. O contrário ocorre com os SSR nucleares, que possuem herança biparental e maior porcentagem de mutação. Apresentando assim, maior diferenciação entre os acessos, que é favorecida pelo sistema reprodutivo predominantemente autógamo. Os acessos domesticados brasileiros estão mais próximos geneticamente dos acessos silvestres mexicanos, podendo ter sido resultantes da domesticação de indivíduos silvestres do México.

Palavras-chave: *Phaseolus lunatus* L.; Índice de Plasticidade Fenotípica; cpSSR; ncSSR; Diversidade genética; Domesticação

ABSTRACT

Genetic diversity, domestication and phenotypic plasticity of lima bean (*Phaseolus lunatus* L.)

Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) is an important species of the Fabaceae family, which is distributed worldwide. The origin and domestication of the species is not fully understood due to the wide distribution and lack of wild accessions, as well as the loss of germplasm in many areas of its natural distribution, which indicates the importance of germplasm banks and the characterization of diversity and of domestication studies. The study of genetic diversity at the molecular level has been quite accomplished, the molecular markers of microsatellites (SSR), stand out. The lima bean has few studies using as tools the SSRs, not having specific loci for the species, which limits the knowledge about its genetics. Thus, the objective was to develop specific nuclear microsatellite loci (ncSSR) to study the genetic diversity, as well as the domestication process involving wild and domesticated accessions in different countries (Brazil, Mexico, Peru, Colombia and Argentina), by chloroplastid SSR markers (cpSSR), besides to study the phenotypic plasticity of Brazilian accessions. The phenotypic plasticity of 12 accessions from Brazil was estimated in four environments with different fertilizers (1 - control without fertilization, 2 - mineral fertilization with NPK, 3 - organic fertilization with bovine manure, 4 - mineral [NPK] and organic fertilization [manure]). The design was completely randomized with three replicates. The evaluated traits were: Number of Days for Flowering (NDF), Number of Days for Maturation (NDM), Number of Pods per Plant (NVP), Number of Seeds per Plant (NSP), Pod Length (CV), Pod Width (LV), Number of Locules per Pod (NLV), and Weight of One Hundred Seeds (P100S). The analysis of variance was performed, the index of Phenotypic Plasticity (IPF) and the Pearson Correlation between the characters were estimated. Microsatellite markers were used for the determination of genetic diversity and structure, with five chloroplastid (cpSSR) and three nuclear loci (ncSSR) in 44 accessions of lima bean. There was phenotypic plasticity in the accessions of lima bean. All characters except for NDF and NSP presented genotype x environment interaction significant for the four environments evaluated. NVP and NSP had the highest (0.82) and NDF the lowest (0.06) IPF, thus being the most and the least plastic, respectively, in the four environments. The highest positive correlation was observed between NVP x NSP, so that their values vary in the same direction. NVP and P100S had the highest negative correlation. The genetic diversity observed with nuclear and chloroplast microsatellite markers was greater in accessions from Mexico (cpSSR = 0.163; ncSSR = 0.15), followed by Brazil (cpSSR = 0.111; ncSSR = 0.00). At the variety level, wild accessions had lower diversity with cpSSR (0.16) and higher diversity with ncSSR (0.14) than domestic (cpSSR = 0.119; ncSSR = 0.02). High levels of variation and genetic differentiation were observed among countries, with 94% of the variation and $F_{st} = 0.874$, and between varieties, with 87% and $F_{st} = 0.944$ with cpSSR. With ncSSR, greater variation and differentiation occurred between accessions (61%, $F_{st} = 0.771$) and within varieties (80%, $F_{st} = 0.788$). These differences may be related to differences in the inheritance pattern of the markers. Chloroplast SSRs are more conserved and have maternal inheritance. Thus, accessions from the same country retain the same haplotypes, presenting low differentiation between them. The opposite occurs with nuclear SSR, which has a biparental inheritance and a higher percentage of mutation. Thus, a greater differentiation exists between the accessions, which is favored by the predominantly autogamous reproductive system. Brazilian domesticated accessions are genetically closest to the Mexican wild accessions, and may have resulted from the domestication of wild individuals from Mexico.

Keywords: *Phaseolus lunatus* L.; Phenotypic Plasticity Index; cpSSR; ncSSR; genetic diversity; domestication

INTRODUÇÃO

O feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) é uma das cinco espécies do gênero *Phaseolus* explorada comercialmente, com potencial para fornecer proteína vegetal (Vieira, 1992) e a segunda leguminosa de maior importância do gênero (Maquet *et al.* 1999). É mundialmente utilizada em pratos nas mais diversas culinárias, recebendo várias denominações, em função da região cultivada ou forma de utilização na alimentação, entre elas fava, fava-belém, feijão-espadinho, feijão-de-lima ou fava-de-lima (GRIN, 2018).

A importância econômica e social do feijão-fava se deve principalmente à sua rusticidade em regiões semi-áridas do Nordeste brasileiro, o que possibilita prolongar a colheita em período seco (Azevedo *et al.* 2003). Os grãos verdes e secos, as vagens verdes e as folhas do feijão-fava podem ser consumidos pelo homem. Trata-se de uma das principais leguminosas cultivadas na região tropical que apresenta potencial para o fornecimento de proteína vegetal à população e diminuição da dependência, quase exclusiva, do feijão comum do grupo carioca (Vieira, 1992).

No entanto, apesar de cultivada em vários estados e de apresentar capacidade de adaptação mais ampla que o feijão comum, seu cultivo ainda tem pouca relevância no país. Acredita-se que as principais razões para o seu cultivo relativamente limitado sejam: a maior tradição de consumo do feijão comum e feijão-caupi, o paladar do feijão-fava e o seu tempo de cocção mais longo. O feijão-fava tem merecido pouca atenção por parte dos órgãos de pesquisa e extensão, resultando em limitado conhecimento a respeito das suas características agrônomicas e potencialidades (Santos *et al.* 2002).

No Brasil, foram produzidas 21.004 toneladas de grãos secos, com um rendimento médio da produção de 194 quilogramas por hectare (kg/ha) no ano de 2017. Um rendimento médio muito baixo quando comparado com o rendimento do feijão comum no mesmo ano (1563 kg/ha). É cultivada principalmente na Região Nordeste, tendo o Ceará como principal estado produtor, com 7095 ton e rendimento médio de 137 kg/ha, seguida de Pernambuco (3249 ton e 290 kg/ha) e Paraíba (3008 ton e 165 kg/ha). Na Região Centro-Oeste, o estado de Goiás, é o responsável pela quase totalidade da produção de feijão-fava, de 1281 ton, com o maior rendimento médio (2114 kg/ha) (IBGE, 2018). É preferencialmente cultivada por pequenos produtores, por conta da sua rusticidade e colheita prolongada em períodos secos (Azevedo *et al.* 2003).

A baixa produtividade do feijão-fava pode ser atribuída ao fato de parte da produção ser oriunda de pequenos produtores, em consórcios com milho, mandioca, mamona ou babaçu, utilizando-se estas culturas como suporte para o seu desenvolvimento vegetativo (o feijão-fava tem hábito indeterminado), sem adoção de tecnologia que vise o aumento da

produtividade. Geralmente, apenas o excedente da produção é comercializado em feiras livres, o que a define como cultura de subsistência. Seu cultivo ainda é relativamente limitado. Dentre as razões para esse cultivo limitado, estão a maior tradição de consumo dos feijões comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) e o sabor amargo do feijão-fava, conferido pela presença de toxinas (HCN). Além dessas, uma das principais razões para que o feijão-fava ainda seja pouco cultivado é a falta de cultivares recomendadas para as regiões produtoras (Guimarães *et al.* 2007). Assim, é importante a realização de estudos com feijão-fava no Brasil. O potencial econômico da cultura e a falta de informações que subsidiem a sua exploração tornam evidente a necessidade do desenvolvimento de pesquisa em genética, recursos genéticos, pré-melhoramento e melhoramento genético, além de se conhecer a história evolutiva e processo de domesticação da espécie.

Devido à erosão da diversidade genética das espécies silvestres e cultivadas tem-se intensificado a conservação de germoplasma, com o objetivo de preservar a variabilidade genética e de selecionar espécies para programas de melhoramento (Villalobos *et al.* 1991). A utilização da variabilidade genética das plantas conservadas em bancos de germoplasma requer que as subamostras sejam caracterizadas e documentadas, facilitando a identificação daquelas potencialmente úteis para os programas de melhoramento genético (Faleiro, 2003).

A caracterização da variabilidade genética nas diferentes espécies vêm sendo bastante estudada. Os marcadores moleculares estão sendo cada vez mais usados na determinação da diversidade genética. Dentre eles, os marcadores microssatélites são eficientes no estudo de diversidade genética, estrutura populacional, processo de origem e domesticação. O feijão-fava ainda conta com poucos estudos, principalmente, na caracterização por marcadores moleculares. Visto que, não possui marcadores microssatélites nucleares específicos, o que limita a ampliação do conhecimento sobre a espécie.

Devido aos aspectos acima citados, os objetivos deste trabalho foram:

Objetivo geral

Estudar a diversidade genética e a plasticidade fenotípica de feijão-fava, bem como, contribuir para o entendimento do processo de domesticação da espécie.

Objetivos específicos

1. Desenvolver marcadores microssatélites nucleares específicos para a espécie *Phaseolus lunatus* L.;

2. Estudar a diversidade genética de acessos de feijão-fava originados da América do Sul do Banco de Germoplasma da Universidade Federal do Piauí e acessos vindos do México usando os marcadores microssatélites desenvolvidos;

3. Analisar os padrões de distribuição da variação haplotípica dos acessos domesticados e silvestres de feijão-fava, através de marcadores microssatélites cloroplastidiais (cpSSR), podendo assim gerar mais informações sobre o processo de domesticação da espécie;

4. Estudar a plasticidade fenotípica de acessos de feijão-fava através da resposta a diferentes tipos de adubação.

CONCLUSÕES

Foram desenvolvidos três marcadores microssatélites nucleares específicos para a espécie *Phaseolus lunatus* L. Entre os países, foi observada diversidade genética apenas nos acessos do México, tendo um índice de endogamia médio. Os acessos do Brasil foram homozigotos com completa endogamia. Maior variação genética foi encontrada entre acessos e dentro de variedades, resultado do alto coeficiente de endogamia. Acessos do Brasil e do México estão mais próximos geneticamente.

Variações haplotípicas foram observadas nos acessos brasileiros, peruanos e mexicanos. Entre as variedades, os domesticados tiveram maior diversidade, devido principalmente a diferentes origens. Padrões haplotípicos apontam os acessos silvestres mexicanos como ancestrais dos acessos domesticados brasileiros. Maiores variações genéticas foram observadas entre países e variedades, devido ao alto coeficiente de endogamia pela predominância de autofecundação.

Os diferentes adubos influenciaram o NDM, NVP, NSP, CV, LV, NLV e P100S em 12 acessos de feijão-fava. Nas médias gerais, o ambiente sem adubação provocou retardamento da floração, redução do ciclo de maturação das plantas, diminuição no número de vagens e semente por planta, no comprimento e largura das vagens, bem como redução do número de lóculos e peso de cem sementes. O número de vagens e sementes foram os caracteres mais plásticos e o número de dias para florescimento o menos plástico. Os números de vagens e de sementes foram mais correlacionados positivamente, resultando assim em aumento ou diminuição diretamente proporcional entre eles. Já o número de vagens é inversamente correlacionado ao peso de cem sementes, devido a mecanismos evolutivos de compensação.

REFERÊNCIAS

- AGRAWAL, A. A. Phenotypic plasticity in the interactions and evolution of species. **Science**, v. 294, p. 321-326, 2001.
- ALEKCEVETCH, J. C. **Estudo da diversidade genética, por meio de marcadores moleculares de uma população de *Coffea canephora* var. Conilon**. 2013. 92 p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras.
- ALLARD, R. W. **Princípios do melhoramento genético das plantas**. São Paulo: Edgard Blucher, 1970. 381 p.
- ALVES, A. U. **Rendimento do feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) em função da adubação organomineral**. 2006. 65f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – UFPB, Areias, PB.
- ANDUEZA-NOH, R. H.; SERRANO-SERRANO, M. L.; CHACÓN-SÁNCHEZ, M. I.; SANCHÉZ DEL PINO, I.; CAMACHO-PÉREZ, L.; COELLO-COELLO, J. MIJANGOS CORTE, J.; DEBOUCK, D. G.; MARTÍNEZ-CASTILLO, J. Multiple domestications of the Mesoamerican gene pool of lima bean (*Phaseolus lunatus* L.): evidence from chloroplast DNA sequences. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 60, p. 1069-1086, 2013.
- ANDUEZA-NOH, R. H.; CAMACHO-PÉREZ, L.; MARTÍNEZ-CASTILLO, J.; MAY-PAT, F. Distribución geográfica de los parientes silvestres del acervo genético mesoamericano del frijol lima (*Phaseolus lunatus* L.) em México. **Polibotánica**, n. 41, p. 101-113, 2016.
- ANDUEZA-NOH, R. H.; MARTÍNEZ-CASTILLO, J.; CHACÓN-SÁNCHEZ, M. I. Domestication of small-seeded lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) landraces in Mesoamerica: evidence from microsatellite markers. **Genetica**, v. 143, p. 657–669, 2015.
- ANGIOI, S. A.; DESIDERIO, F.; RAU, D.; BITOCCHI, E.; ATTENE, G.; PAPA, R. Development and use of chloroplast microsatellites in *Phaseolus* spp. and other legumes. **Plant Biology**, v. 11, p. 598–612, 2009a.
- ANGIOI, S. A.; RAU, D.; RODRIGUEZ, M.; LOGOZZO, G.; DESIDERIO, F.; PAPA, R.; ATTENE, G. Nuclear and chloroplast microsatellite diversity in *Phaseolus vulgaris* L. from Sardinia (Italy). **Molecular Breeding**, v. 23, p. 413–429, 2009b.
- ANGIOI, S. A.; RAU, D.; ATTENE, G.; NANNI, L.; BELLUCCI, E.; LOGOZZO, G.; NEGRI, G.; SPAGNOLETTI ZEULI, P. L.; PAPA, R. Beans in Europe: origin and structure of the European landraces of *Phaseolus vulgaris* L. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 121, p. 829–843, 2010.

- ASSUNÇÃO FILHO, J. R. **Caracterização de populações da variedade crioula Boca de moça de feijão-fava, utilizando caracteres agromorfológicos e marcadores moleculares**. 2012. 89p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal do Piauí, Teresina-PI.
- AZEVEDO, J. N.; FRANCO, L. J. D.; ARAÚJO, R. O. C. **Composição química de sete variedades de feijão-fava**. Teresina, 2003. 4p. (Embrapa Meio-Norte: Comunicado Técnico, 152).
- BARRIGA, R.H.M.P.; OLIVEIRA, A.F.F. de. **Variabilidade genética e correlações entre o rendimento e seus componentes em feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) na região amazônica**. Belém: Embrapa-CPATU, 1982. 16p.
- BAUDET, J. C. The taxonomic status of the cultivated types of lima bean (*Phaseolus lunatus* L.). **Tropical Grain Legume**, Ibadan, v. 7, p. 29–30, 1977.
- BAUDOIN, J. P. Genetic resources, domestication and evolution of lima bean, *Phaseolus lunatus*. In: GEPTS, P. (Ed.). **Genetic resources of *Phaseolus* bean**. Amsterdam: Kluwer Academic Publishers, p. 393-407, 1988.
- BAUDOIN, J.P.; ROCHA O., DEGREEF J.; MAQUET, A.; GUARINO L. Ecogeography, demography, diversity and conservation of *Phaseolus lunatus* L in the Central Valley of Costa Rica. **International Plant Genetic Resources Institute**, Rome, Italy, 2004.
- BAUTISTA, E. A. L. **Modelos lineares mistos e generalizados mistos em estudos de adaptação local e plasticidade fenotípica de *Euterpe edulis***. 123 p. 2014. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo.
- BEYRA, A.; ARTILES, G. R. Revisión taxonômica de los géneros *Phaseolus* y *Vigna* (Leguminosae – Papilionoideae) en Cuba. **Anales del Jardín Botánico de Madrid**, v. 61, n. 2, p. 135-154, 2004.
- BERG, H.; BECKER, U.; MATTHIES, D. Phenotypic plasticity in *Carlina vulgaris*: effects of geographical origin, population size, and population isolation. **Oecologia**, v. 143, p. 220-231, 2005.
- BESPALHOK FILHO, J. C.; OLIVEIRA, R. A.; GUERRA, E. P. **Melhoramento de Plantas**. UFPR – Universidade Federal do Paraná, 2008. Disponível em: <www.bespa.agrarias.ufpr.br>. Acesso em agosto, 2017.
- BILLOTE, N.; LAGODA, P.J.L.; RISTERUCCI, A.; BAURENS, F. Microsatellite-enriched libraries: applied methodology for the development of SSR markers in tropical crops. **Fruits**, v. 54, p. 277 - 288, 1999.
- BIRKY JR, C. W. Uniparental inheritance of organelle genes. **Current Biology**, v. 18, n.16, 2008.
- BORÉM, A.; CAIXETA, E.T. **Marcadores moleculares**. Viçosa: Editora UFV, 2009.

- BOREM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. 5. ed. Viçosa: UFV, 2009, 525p.
- BROUGHTON, W.J.; HERNÁNDEZ, G.; BLAIR, M.; BEEBE, S.; GEPTS, P.; VANDERLEYDEN, J. Beans (*Phaseolus* spp.) - model food legumes. **Plant and soil**. v. 252, n. 1, p. 55-128, 2003.
- BURLE, M. L.; FONSECA, J. R.; KAMI, J. A.; GEPTS, P. Microsatellite diversity and genetic structure among common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces in Brazil, a secondary center of diversity. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 121, p. 801-813, 2010.
- CALLAWAY, R. M.; STEVEN, C. P.; RICHARDS, C. L. Phenotypic plasticity and interactions among plants. *Ecology*, v. 84, n. 5, p. 1115-1128, 2003.
- CAMARENA, F. Magnitud e impacto potencial de la liberación de los organismos genéticamente modificados y sus productos comerciales. Caso: leguminosas de grano. In: HIDALGO, O.; ROCA, W.; FERNÁNDEZ-NORTHCOTE, E. N. (Eds.). **Magnitud e impacto potencial de la liberación de organismos genéticamente modificados y sus productos comerciales: casos algodón, leguminosas de grano, maíz y papa**. Lima: Consejo Nacional del Ambiente, 2005. p. 19-40.
- CARMO, M. D. S. **Variabilidade genética e reação ao Colletotrichum truncatum em feijão-fava de crescimento determinado**. 2011. 132p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal do Piauí, Teresina-PI.
- CARMO, M. D. C.; GOMES, R. L. F.; LOPES, A. C. A.; PENHA, J. S.; GOMES, S. O.; ASSUNÇÃO FILHO, J. R. Genetic variability in subsamples of determinate growth lima bean. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 13, p. 158-164, 2013.
- CARVALHO, E. R. et al. Fertilizante mineral e resíduo orgânico sobre características agrônomicas da soja e nutrientes no solo. **Revista Ciência Agronômica**, vol.42, n.4, p. 930-939. 2011.
- CARVALHO, M. G. **Produção de feijão-fava em função de diferentes doses de adubação orgânica e mineral**. 2012. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Piauí, Teresina – PI, 2012.
- CASTIÑEIRAS, L.; GUZMÁN, F. A.; DUQUE, M. C.; SHAGARODSKY, T.; CRISTÓBAL, R.; VICENTE, M. C. AFLPs and morphological diversity of *Phaseolus lunatus* L. in Cuban home gardens: approaches to recovering the lost ex situ collection. **Biodiversity and Conservation**, v.16, n.10, p.2847-2865, 2007.
- CHUNG, S; STAUB, J.E. The development and evaluation of consensus chloroplast primer pairs that possess highly variable sequence regions in a diverse array of plant taxa. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 107, p. 757-767, 2003.

- CORDEIRO, A.; MARCATTO, C. Milho: a volta das variedades crioulas. In: GAIFANI, A.; CORDEIRO, A. **Cultivando a diversidade: recursos genéticos e segurança alimentar**. Rio de Janeiro: assessoria e serviços a projetos em agricultura alternativa, 1994, 205p.
- CORREA, A. M. **Caracterização e análise genética de genótipos de feijoeiro comum**. 2002. 148p. Dissertação (mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. 2002.
- CORREA, A. M.; CECCON, G.; CORREA, C. M. A.; DELBEN, D. S. Estimativas de parâmetros genéticos e correlações entre caracteres fenológicos e morfoagronômicos em feijão-caupi. **Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 1, p.88-94, 2012.
- DESIDERIO, F.; BITOCCHI, E.; BELLUCCI, E.; RAU, D.; RODRIGUEZ, M.; ATTENE, G.; PAPA, R.; NANNI, L. Chloroplast microsatellite diversity in *Phaseolus vulgaris*. **Frontiers in Plant Science**, v. 3, 312, 2013.
- DOEBLEY, J. Molecular systematics and crop evolution. In: Soltis *et al.* (ed.) **Molecular systematics of plants**. Chapman and Hall, New York, p. 202-222, 1992.
- DOYLE, J.J.; DOYLE, J.L. Isolation of plant DNA from fresh tissue. **Focus**, v. 12, p. 13-15, 1987.
- EBERT, D.; PEAKALL, R. Chloroplast simple sequence repeats (cpSSR): technical resources and recommendations for expanding cpSSR discovery and applications to a wide array of plant species. **Molecular Ecology Resources**, Oxford, US, v. 9, p. 673-690, 2009.
- EDGAR, R. C. Muscle: multiple sequence alignment with high accuracy and high throughput. **Nucleic Acids Research**, v. 41, p. 1792-1797, 2004.
- EXCOFFIER, L.; LISCHER, H.E.L. Arlequin suite version 3.5: A new series of programs to perform population genetics analyses under Linux and Windows. **Molecular Ecology Resources**, v. 10, p. 564-567, 2010.
- FALEIRO, F. G. Preservação da variabilidade genética de plantas: um grande desafio. In: **Boletim Agropecuário**. Artigos Agropecuários, 2003. Disponível em: <boletim agropecuario.com.br>.
- FEHR, W. R. **Principles of cultivar development**. New York: Macmillan. 525p. 1987.
- FÉLIX, D. T.; COELLO-COELLO, J.; MARTÍNEZ-CASTILLO, J. Wild to crop introgression and genetic diversity in lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) in traditional Mayan milpas from Mexico. **Conservation Genetics**, v. 15, p. 1315-1328, 2014.
- FERREIRA, M.E.; GRATTAPAGLIA, D. **Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética**. Brasília: Embrapa- CENARGEN, 1998. 220p.
- FERREIRA, M. E.; MORETZSOHN, M. C.; BUSO, G. S. C. Fundamentos de caracterização molecular de germoplasma vegetal. In: NASS, L. L. (Ed.). **Recursos genéticos vegetais**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2007. p. 379-420.

- FOFANA, B.; JARDIN, P.; BAUDOIN, J. P. Genetic diversity in the lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) as revealed by chloroplast DNA (cpDNA) variations. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Holanda, v. 48, n. 5, p. 437-445, 2001.
- FRANKEL, O. H.; BROWN, A. H. D.; BURDON, J. J. **Conservation of plant biodiversity**. Cambridge University Press, Reino Unido, 1995.
- GARBÍN, P. M.; ARREGUI, R. Z.; PÉREZ, L. S. Plasticidad fenotípica de *Pinus pinaster* frente a la disponibilidad de nutrientes. **Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales**, v. 24, p. 67-73, 2008.
- GEPTS, P. Crop domestication as a long-term selection experiment. **Plant Breeding Reviews**, Berlin, v. 24, p. 1-44, 2004.
- GOUDET, J. **FSTAT, a program to estimate and test gene diversities and fixation indices** (version 2.9.3.2), 2002. Institute of Ecology, Lausanne. Disponível em: <<http://www2.unil.ch/popgen/softwares/fstat.htm>>.
- GRIN - **Germplasm Resources Information Network**. National Germplasm Resources Laboratory, Beltsville, Maryland. Disponível em: <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/tax_search.pl?language=pt>. Acesso em 2017.
- GUIMARAES, W. N.; MARTINS, L. S.; SILVA, E. F.; FERRAZ, G. M. G.; OLIVEIRA, F. J. Caracterização morfológica e molecular de acessos de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.). **Revista Brasileira de Engenharia. Agrícola e Ambiental**, v.11, n.1, p.37-45, 2007.
- HEIFFIG, L. S. **Plasticidade da cultura da soja (*Glycine Max* (L.) Merrill) em diferentes arranjos espaciais**. 2002. 85 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba – SP. 2002.
- HOLWERDA, B. C.; JANA, S.; CROSBY, W. L. Chloroplast and mitochondrial DNA variation in *Hordeum vulgare* and *Hordeum spontaneum*. **Genetics**, v. 114, p. 1271-1291, 1986.
- IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Banco de dados agregados: pesquisa: produção agrícola municipal. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?z=p&o=20&i=P>> Acesso em 19 de fevereiro de 2018.
- JAKOBSSON, M.; SÄLL, T.; LIND-HALLDÉN, C.; HALLDÉN, C. Evolution of chloroplast mononucleotide microsatellites in *Arabidopsis thaliana*. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 114, p. 223-235, 2007.
- JIANG, G. L. Molecular markers and marker-assisted breeding in plants. In: Plant breeding from laboratories to fields. **Intech**, Croatia, pp. 45-83, 2013.

- KAMADA, T.; CASALI, V. W. D.; BARBOSA, L. C. A.; FONTES, I. C. P.; FINGER, F. L. Plasticidade fenotípica do óleo essencial em acessos de manjerição (*Ocimum basilicum* L.). **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 1, n. 2, p. 13-22, 1999.
- KRESS, J. W.; WURDACK, J.K.; ZIMMER, A. E.; WEIGT, A. L.; JANZEN, H. D. Use of DNA barcodes to identify flowering plants. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA**, Washington, v. 102, p. 8369-8374, 2005.
- LEWIS, P.; ZAYKIN, D. **Genetic Data Analysis: computer program for the analysis of allelic data (software)**. Version 1.1, 2001.
- LYMMAN, J. M. Adaptation studies on lima bean accessions in Colombia. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 108, p. 369-373, 1983.
- MAQUET, A.; BAUDOIN, J. P. Aperçu de la distribution neotropicale de *Phaseolus lunatus*. **J. Botanique**. Bélgica, v. 130, n. 2, p. 93-116, 1997.
- MAQUET, A.; VEKEMANS, X.Z.; BAUDOIN, J.P. Phylogenetic study on wild allies of lima bean, *Phaseolus lunatus* (Fabaceae), and implications on its origin. **Plant Systematics and Evolution**, v. 218, n. 1-2, p. 43-54, 1999.
- MARTÍNEZ-CASTILLO, J.; CAMACHO-PÉREZ, L.; VILLANUEVA-VIRAMONTES, S.; ANDUEZA-NOH, R. H.; CHACÓN-SÁNCHEZ, M. I. Genetic structure within the Mesoamerican gene pool of wild *Phaseolus lunatus* (Fabaceae) from Mexico as revealed by microsatellite markers: implications for conservation and the domestication of the species. **American Journal of Botany**, v. 101, n. 5, p. 1-14, 2014.
- MARTÍNEZ-CASTILLO, J.; COLUNGA-GARCÍAMARÍN, P.; ZIZUMBO VILLARREAL, D. Genetic erosion and in situ conservation of lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) landraces in its Mesoamerican diversity center. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 55, n. 7, p. 1065-1077, 2008.
- MARTÍNEZ-CASTILLO, J.; ZIZUMBO-VILLARREAL, D.; GEPTS, P.; COLUNGA-GARCÍAMARÍN, P. Gene Flow and Genetic Struture in the Wild-Weedy-Domesticated Complex of *Phaseolus lunatus* L. in its Mesoamerican Center of Domestication and Diversity. **Crop Science**, v. 47, p. 58-66, 2007.
- MARTÍNEZ-CASTILLO, J.; ZIZUMBO-VILLARREAL, D.; GEPTS, P.; DELGADO-VALERIO, P.; COLUNGA-GARCÍAMARÍN, P. Structure and genetic diversity of wild population of lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) from the Yucatan Peninsula, Mexico. **Crop Science**, v. 46, p. 1071-1080, 2006.
- MARTINS, J. D. L.; MOURA, M. F.; OLIVEIRA, J. P. F.; OLIVEIRA, M.; GALINDO, C. A. F. Esterco bovino, biofertilizante, inoculante e combinações no desempenho produtivo do feijão comum. **Agroambiente on-line**, v. 9, n. 4, p. 369-376, 2015.

- MELÉM JÚNIOR, N. J.; BRITO, O. R.; FONSECA JÚNIOR, N. S.; FONSECA, I. C. B. Nutrição mineral e produção de feijão em áreas manejadas com e sem queima de resíduos orgânicos e diferentes tipos de adubação. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 7-18, 2011.
- MILLER, M. P. **TFPGA – tools for population genetic analyses v.1.3.**, Northern Arizona University. 1997.
- MISSIAGGIA, A; GRATTAPAGLIA, D. Plant microsatellite genotyping with 4-colour fluorescent detection using multiple-tailed primers. **Genetics and Molecular Research**, v. 5, p. 72-78, 2006.
- MONTERO-ROJAS, M.; ORTIZ, M.; BEAVER, J. S.; SIRITUNGA, D. Genetic, morphological and cyanogen content evaluation of a new collection of Caribbean lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) landraces. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 60, p. 2241-2252, 2013.
- MOTTA-ALDANA, J.; SERRANO-SERRANO, M. L.; TORRES, H. J.; VILLAMIZAR, C. G.; DEBOUCK, G. D.; CHACÓN, M. I. Multiple origins of lima bean landraces in the Americas: evidence from chloroplast and nuclear DNA polymorphisms. **Crop Science**, v. 50, p. 1773–1787, 2010.
- NASS, L. L. Utilização de recursos genéticos vegetais no melhoramento. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S. de; VALADARES-INGLIS, M. C. **Recursos Genéticos e Melhoramento-Plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, p. 29-55. 2001.
- NASS, L. L. **Recursos genéticos vegetais**. Brasília – DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2007. 858 p.
- NEI, M. Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. **Genetics**, v. 89, p. 583-590, 1978.
- NEI, M.; LI, W. Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonucleases. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 76, p. 5269-5273, 1979.
- NICK, C.; SILVA, D. J. H.; MATTEDI, A. P.; PEDROSA, D. A. Conservação *ex situ* dos recursos fitogenéticos. In: PEREIRA, T. N. S. **Germoplasma: Conservação, manejo e uso no melhoramento de plantas**. Viçosa, MG: Arca, 2010.
- ODONG, T. L.; JANSEN, J.; VAN EEUWIJK, F. A.; VAN HINTUM, T. J. L. Quality of core collection for reflective utilisation of genetic resources review, discussion and interpretation, **Theoretical and Applied Genetics**, v. 126, p. 289-305, 2013.
- OLIVEIRA, J. E. Z. **Plasticidade fenotípica da morfologia, de marcadores químicos e da anatomia de acessos de *Bidens pilosa* L. crescidos em quatro altitudes**. 2001. 239p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa.

- OUÉDRAOGO, M.; MAQUET, A.; BAUDOIN, J. P. Étude comparative de la diversité et de la structure génétique de populations sauvages de *Phaseolus lunatus* L. à l'aide des marqueurs enzymatiques et microsatellites. **Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement**, v. 9, p. 195-205, 2005.
- PAABY, A. B; TESTA, N. D. Developmental plasticity and evolution. In: ROSA L. N.; MULLER G. B. (eds.) **Evolutionary developmental biology**, Springer, 2018.
- PAIVA, J. R. Conservação ex situ de recursos genéticos de plantas na região tropical úmida. **Acta amazônica**, v. 24, p. 63-80, 1994.
- PEAKALL, R.; SMOUSE, P. E. GenAIEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research-na update. **Bioinformatics**, Oxford, v. 28, p. 2537-2539, 2012.
- PENHA, J. S; LOPES, A. C. A.; GOMES, R. L. F.; PINHEIRO, J. B.; ASSUNÇÃO FILHO, J. R.; SILVESTRE, E. A.; VIANA, J. P. G.; MARTÍNEZ-CASTILLO, J. Estimation of natural outcrossing rate and genetic diversity in lima bean (*Phaseolus lunatus* L. var. *lunatus*) from Brazil using SSR markers: implications for conservation and breeding. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 64, n. 6, p. 1355-1364, 2017.
- PEREIRA, M. P.; SILVA, F. F.; PEREIRA, T. N. S. Recursos genéticos vegetais e o melhoramento de plantas. In: PEREIRA, T. N. S. **Germoplasma: Conservação, manejo e uso no melhoramento de plantas**. Viçosa, MG: Arca, 2010.
- PETIT, R. J.; DUMINIL, J. FINESCHI, S.; HAMPE, A.; SALVINI, D.; VENDRAMIN, G. G. Comparative organizations of chloroplast, mitochondrial and nuclear diversity in plant population. **Molecular Ecology**, Oxford, US, v. 14, p. 689-701, 2005.
- PIGLIUCCI, M. Evolution of phenotypic plasticity: where are we going now? **Trends in ecology and evolution**, v. 20, n. 9, p. 481-486, 2005
- POWELL, W.; MORGANTE, M.; McDEVITT, R.; VENDRAMIN, G.G.; RAFALSKI, J. A. Polymorphic simple sequence repeat regions in chloroplast genomes: Applications to the population genetics of pines. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washigton, v. 92, p. 7759-7763, 1995a.
- POWELL, W.; MORGANTE, M.; ANDRE, C.; MCNICOL, J. W.; MACHRAY, G. C.; DOYLE, J. J.; TINGEY, S. V. Hypervariable microsatellites provide a general source of polymorphic DNA markers for the chloroplast genome. **Current biology**, Chicago, v. 5, p. 1023-1029, 1995b.
- POWELL, W.; MACHRAY, G.C.; PROVAN, J. Polymorphism revealed by simple sequence repeats. **Trends in Plant Science**, v.1, p.215-222, 1996.
- PROVAN, J.; POWELL, W.; HOLLINGSWORTH, P. M. Chloroplast microsatellites: new tools for studies in plant ecology and evolution. **Trends in Ecology and Evolution**, Cambridge, v. 16, n. 3, p. 142-147, 2001.

- PRITCHARD, J. K.; STEPHENS, M.; DONNELLY, P. Inference of population structure using multilocus genotype data. **Genetics**, v. 155, n. 2, p. 945-959, 2000.
- QUEIROZ, M. A.; LOPES, M. A. Importância dos recursos genéticos vegetais para o agronegócio. In: NASS, L. L. (Ed.) **Recursos genéticos vegetais**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, p. 61-119, 2007.
- QUINTANA, L. G.; MELO, M. D.; SILVA, R. N. O.; BURLE, M. L. Diversidade agronômica e morfológica do Banco Ativo de germoplasma de *Phaseolus lunatus* L. da Embrapa. In: **Congresso Brasileiro de Recursos Genéticos: Bancos de germoplasma: descobrir a riqueza, garantir o futuro**. 2010. Anais. Salvador: Embrapa, 2010.
- RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; ABREU, A. F. B.; NUNES, J. A. R. **Aplicações de genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Lavras: Editora UFLA, 2012. 522 p.
- SAMPAIO, L. S.; CRAVO, M.; FREIRE FILHO, F. R.; ROCHA, M. M.; RIBEIRO, V. Q. Avaliação de linhagens de feijão-caupi em Igarapé Açu-PA. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2006, Teresina. **Anais...** Teresina: Embrapa, 2006.
- SANTOS, G. M. OLIVEIRA, A. P.; SILVA, J. A. L.; ALVES, E. U.; COSTA, C. C. Características e rendimento de vagem do feijão-vagem em função de fontes e doses de matéria orgânica. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.19, n.1, p.30-35, 2001.
- SANTOS, J. B.; VENCovsky, R. Correlações fenotípicas e genética entre alguns caracteres agronômicos do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Prática**, v. 10, p. 265-272, 1986.
- SANTOS, S. D.; CORLETT, F. M. F.; MENDES, J. E. M. F.; WANDERLEY JÚNIOR, J. S. A. Produtividade e morfologia de vagens e sementes de variedades de fava no Estado da Paraíba. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, DF, v. 37, n. 10, p. 1407-1412, 2002.
- SCHLICHTING, C.D. The evolution of phenotypic plasticity in plants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 17, p. 667-693, 1986.
- SERRANO-SERRANO M.L.; HERNÁNDEZ-TORRES J.; CASTILLO-VILLAMIZAR G.; DEBOUCK D.G.; SÁNCHEZ M.I. Gene pools in wild lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) from the americas: evidences for Andean origin and past migrations. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 54, p. 76-87, 2010.
- SERRANO-SERRANO, M.L.; ANDRUEZA-NOH, R. H.; MARTINEZ-CASTILLO, J.; DEBOUCK, D. G.; CHACÓN S, M. I. Evolution and domestication of lima bean in Mexico: Evidence from Ribosomal DNA. **Crop Science**, v. 52, p. 1698-1712, 2012.

- SICARD, D.; NANNI, L.; PORWRI, O.; BULFON, D.; Papa, R. Genetic diversity of *Phaseolus vulgaris* L. and *P. coccineus* L. landraces in central Italy. **Plant Breeding**, v. 124, p. 464-472, 2005.
- SILVA, R.N.O. **Diversidade genética em feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) por marcadores morfoagronômicos e moleculares**. Dissertação de mestrado-UFPI, Teresina, 2011.
- SILVA, R.N.O. **Estudos genéticos em feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) visando o melhoramento genético da cultura**. 2015. 98p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de plantas). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, RJ. 2015.
- SILVA, H. T.; COSTA, A. O. **Caracterização botânica das espécies silvestres do gênero *Phaseolus* L. (Leguminosae)**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa, 2003. 40p. (Documento, 156).
- SOUZA, V. C., LORENZI, H. **Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG II**. 2. ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2008.
- SULTAN, S. E. Phenotypic plasticity for plant development, function and life history. **Trends in plant science**, v. 5, n. 12, p. 537-542, 2000.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.
- TISCHNER, T. et al. Genetics of seed abortion and reproductive traits in soybean (*Glycine max*). **Crop Science**, Madison, v. 42, n. 2, p. 464-473, 2003.
- VALLADARES, F.; ARRIETA, S.; ARANDA, I.; LORENZO, D.; SÁNCHEZ-GÓMEZ, D.; TENA, D.; SUÁREZ, F.; PARDOS, J. A. Shade tolerance, photoinhibition sensitivity and phenotypic plasticity of *Ilex aquifolium* in continental Mediterranean sites. **Tree Physiology**, v. 25, p. 1041-1052, 2005.
- VALLADARES, F.; WRIGHT, S. J.; LASSO, E.; KITAJIMA, K.; PEARCY, R. W. Plastic phenotypic response to light of 16 congeneric shrubs from a Panamanian rainforest. **Ecology**, v. 81, p. 1925-1936, 2000.
- VANICHANON, A.; BLAKE, K. N.; SHERMAN, D. J.; TALBERT, E. L. Multiple origins of allopolyploid *Aegilops triuncialis*. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 106, p. 804-810, 2003.
- VIA, S.; GOMULLDEWICZ, R.; JONG, G.; SCHEINER, S. M.; SCHLICHTING, C. D.; TIENDEREN, P. H. V. Adaptive phenotypic plasticity: consensus and controversy. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 10, p. 212-217, 1995.
- VIEIRA, C. **O feijoeiro-comum: cultura, doenças e melhoramento**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1967. 220 p.

- VIEIRA, R. F. A cultura do feijão-fava. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v. 16, n. 174, p. 30-37, 1992.
- VILLALOBOS, V. M.; FERREIRA, P.; MORA, A. The use of biotechnology in conservation of tropical germplasm. **Biotechnology Advances**, v. 9, n. 3, p. 197-215, 1991.
- WEISING, K; GARDNER, R.C. A set of conserved PCR primers for the analysis of simple sequence repeat polymorphisms in chloroplast genomes of dicotyledonous angiosperms. **Genome**, v. 42, p. 9-19, 1999.
- WRIGHT, S. **Evolution and the genetics of populations: variability within and among natural populations**. Chicago: University of Chicago Press, 1978. 573 p.
- ZEDER, M. A.; BLADLEY, D. G.; EMSHWILLER, E.; SMITH, B. D. Documenting domestications: New genetic and archaeological paradigms. **University of California**, London, 2006. 361 p.
- ZORO BI, I.; MAQUET, A.; BAUDOIN, J. P. Population genetic structure of wild *Phaseolus lunatus* (Fabaceae), with special reference to population sizes. **American Journal of Botany**, v. 90, p. 897–904, 2003.