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

Diversidade morfoagronômica e taxa de cruzamento natural em pimentas
Capsicum chinense

Iris Satie Hayashi Shimano

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

Piracicaba
2018

Iris Satie Hayashi Shimano
Engenheira Agrônoma

Diversidade morfoagronômica e taxa de cruzamento natural em pimentas
Capsicum chinense

Orientador:
Profa. Dra. **ELIZABETH ANN VEASEY**

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

Piracicaba
2018

RESUMO

Diversidade morfoagronômica e taxa de cruzamento natural em pimentas (*Capsicum chinense*)

Estudos sobre diversidade e sistema reprodutivo das plantas cultivadas são de fundamental importância para o planejamento e elaboração dos programas de melhoramento bem como para a conservação e uso de recursos genéticos. Este trabalho é composto por duas etapas em que se objetivaram em primeiro momento caracterizar morfoagronomicamente 40 acessos de pimenta (*Capsicum* spp.) do banco de germoplasma da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo, gerando informações que subsidiaram a metodologia para a estimativa da taxa de cruzamento natural para acessos desta espécie. A caracterização foi realizada para 16 descritores, sendo observada alta diversidade para os caracteres de hábito de crescimento, forma da folha, altura de planta, cor da antera, posição do estigma, presença de manchas na corola, constricção anelar no cálice, cor do fruto maduro, forma do fruto, forma do ápice do fruto, superfície do fruto, presença de pungência, dias para florescimento, massa fresca, largura e comprimento de fruto. Foi verificado que dentre os 40 acessos, 85% pertenciam à espécie *C. chinense*, 10% apresentaram características tanto de *C. annuum* como de *C. frutescens*, e dois acessos foram identificados como *C. baccatum*. Análises multivariadas de Componentes Principais (PCA), Agrupamentos e Coordenadas Principais (PcoA), foram realizadas verificando-se a existência de variabilidade entre os acessos. O coeficiente de dissimilaridade variou de 0,015 a 0,818. A análise de agrupamentos resultou na formação de cinco grupos que separaram os acessos principalmente quanto ao formato e tamanho do fruto. Com base na análise da diversidade três acessos de *C. chinense* com características morfológicas divergentes, foram selecionados como genitores para a estimativa da taxa de cruzamento natural. Os três acessos foram dispostos em módulos contendo uma planta de cada genótipo e deixados a campo para a ocorrência de cruzamentos naturais. Híbridações artificiais foram feitas entre os acessos selecionados a fim de se obter híbridos para utilização como testemunhas na avaliação da ocorrência e direção dos cruzamentos por meio da observação da expressão de marcadores morfológicos. A taxa de cruzamento variou de 0% a 40,6%, indicando que a espécie *C. chinense* apresenta sistema reprodutivo misto cujas taxas variaram principalmente em função do genótipo.

Palavras-chave: Pimenta; Variabilidade genética; Caracterização; Marcadores morfológicos; Sistema reprodutivo

ABSTRACT

Morpho-agronomic diversity and natural outcrossing rate in peppers *Capsicum chinense*

Studies on the diversity and reproductive system of crop plants are important for plant breeding programs as well as for the conservation and use of genetic resources. This work is composed of two stages: the first stage aimed to characterize 40 accessions of pepper (*Capsicum* spp.) from the germplasm bank of the Luiz de Queiroz College of Agriculture, University of São Paulo, with morpho-agronomic traits, and generating information that subsidized the methodology of the second stage, estimating the natural outcrossing rate of this species. The characterization was carried out for 16 traits, with high diversity being observed for the traits of plant growth habit, leaf shape, plant height, anther color, stigma exertion, presence of spots on corolla, calyx annular constriction, fruit color at mature stage, fruit shape, fruit apex shape, fruit surface, presence of pungency, days to flowering, weight, width and length of the fruit. Among the 40 accessions, 85% belonged to the species *C. chinense*, while 10% showed characteristic of both *C. annuum* and *C. frutescens*, and two accessions were identified as *C. baccatum*. Principal Components multivariate analyses (PCA), cluster and Principal Coordinates analyses (PcoA) were performed showing the existence of variability between the accessions. The dissimilarity coefficient ranged from 0.015 to 0.818. The cluster analysis resulted in the formation of five groups of accessions that diverged mainly according to size and shape of the fruit. Based on the diversity analysis, three morphologically distinct accessions of *C. chinense* were selected as parents for estimating the natural outcrossing rate. The three accessions were arranged in modules containing one plant of each genotype and were left in the field for the occurrence of natural crosses. Artificial hybridizations were made between the selected accessions in order to obtain hybrids for use as testers in the evaluation of the occurrence and direction of crosses by observing the expression of the morphological markers. The outcrossing rates varied from 0% to 40.6%, indicating that *C. chinense* presents a mixed reproductive system, and that the outcrossing rates varied mainly due to the genotype.

Keywords: Pepper; Genetic variability; Characterization; Morphological markers; Mating system

1. INTRODUÇÃO

As pimentas pertencentes ao gênero *Capsicum*, família Solanaceae, foram uma das primeiras plantas a serem domesticadas nas Américas, tendo sido utilizadas pela humanidade há mais de 6000 anos, conforme registros encontrados no México, Peru, Bolívia (Perry e Flannery 2007, Kraft *et al.* 2014). O gênero é originário da América Tropical, e desde a época das grandes navegações, seu consumo tem se popularizado e se incorporado na cultura de povos de outras partes do mundo (Barbieri e Neitzke 2008). O cultivo atual se estende mundialmente, com destaque para a China, México e Turquia, como os maiores produtores (FAO 2018). No Brasil, cultivam-se pimentas em praticamente todos os estados, sendo uma atividade tipicamente familiar de grande importância social e econômica, pois atua como fonte de renda e na absorção de mão-de-obra (Pereira *et al.* 2014).

O gênero *Capsicum* compreende as hortaliças denominadas como pimentas e pimentões, e é composto por aproximadamente 35 espécies descritas, das quais cinco foram domesticadas e são amplamente cultivadas (*C. annuum* L., *C. chinense* Jacq., *C. frutescens* L., *C. baccatum* (Willd.) Eshbaugh, e *C. pubescens* Ruiz et Pav.) (Moscone *et al.* 2007, Pickersgill 2007, Carrizo García *et al.* 2016). Dentre as características envolvidas na domesticação das pimentas destacam-se a perda do mecanismo de dispersão; o aumento de tamanho de frutos, folhas, flores e sementes quando comparadas às variedades selvagens; e o aumento da variabilidade morfológica (Pickersgill 2007, Luna-Ruiz *et al.* 2018). Os frutos vermelhos pequenos, eretos e decíduos foram substituídos por frutos maiores geralmente pendentes, que permanecem firmemente aderidos à planta e com uma ampla variedade de cores além da vermelha (Andrews 1995, Barbieri e Neitzke 2008). Aparentemente, a domesticação resultou também em uma mudança no modo de reprodução, passando de fecundação cruzada para autofecundação (Andrews 1995, Barbieri e Neitzke 2008, Luna-Ruiz *et al.* 2018). O gênero é bem diverso apresentando alta variabilidade morfológica, tanto interespecífica como intraespecífica, sendo indicativo de existência de grande variabilidade genética. A diversidade no grupo das pimentas é observada, principalmente, nas diferentes formas, cores e atributos sensoriais de seus frutos, a qual permite uma versatilidade de aplicações seja culinária, industrial, farmacêutica, bélica (“spray de pimenta”) e ornamental (Bosland 1996, Barbieri e Neitzke 2008).

O Brasil é considerado um importante centro de diversidade de pimentas, sendo encontrado grande número de espécies domesticadas, semidomesticadas e selvagens (Moscone *et al.* 2007). Dentre as espécies domesticadas, destaca-se no país a *C. chinense*, que é bem adaptada a ambientes quentes e úmidos, sendo facilmente encontrada na região amazônica, onde provavelmente seria seu centro de domesticação (Heiser Jr. 1976, Pickersgill 2007). Seu cultivo, assim como as demais espécies de pimentas, geralmente ocorre em pequenas propriedades, sendo comercializada in natura ou em conservas em mercados e feiras livres. Os frutos de *C. chinense* apresentam um aroma forte e característico, além de diferentes formatos, tamanho, coloração e níveis de pungência.

O conhecimento sobre os acessos disponíveis em bancos de germoplasma é essencial para a conservação de recursos genéticos vegetais bem como para a busca de variabilidade em programas de melhoramento genético. Diversas coleções de germoplasma de *Capsicum* têm sido caracterizadas por meio de descritores morfoagronômicos, marcadores moleculares e análises citogenéticas (Lannes *et al.* 2007, Domenico *et al.* 2012, Baba *et al.* 2015, Fonseca 2016, Martins *et al.* 2018, Moreira *et al.* 2018). A caracterização e a avaliação são etapas fundamentais para um melhor conhecimento da diversidade disponível, discriminação de acessos e identificação de duplicatas, além de permitirem a identificação dos modos de reprodução predominantes nos acessos (Valls 2007). Segundo Pickersgill (1997), as pimentas apresentam alta variabilidade que ainda permanece pouco estudada e explorada, e que esta diversidade deveria ser relativamente fácil de ser utilizada.

As pimentas domesticadas possuem flores completas, autocompatíveis e são consideradas autógamas (Allard 1971), com taxas de polinização cruzada que podem variar de 2% a 90%, dependendo da variedade, ambiente, morfologia e presença de agentes polinizadores (Odland e Porter 1941, Campodonico 1983, Tanksley 1984, Justino *et al.* 2018). Estas elevadas taxas de cruzamento podem resultar na ocorrência de segregação durante a multiplicação e regeneração de acessos de germoplasma na produção comercial, sendo necessário tomar precauções para manter a pureza genética de acessos e durante a condução de programas de melhoramento de pimentas (Bosland 1993, Rêgo *et al.* 2011). Alguns mecanismos que favorecem a alogamia, tais como a protoginia, macho-esterilidade e estigma posicionado acima das anteras foram estudados e observados em alguns trabalhos com *Capsicum* (Shifriss 1997, Aleemullah *et al.* 2000, Cauich *et al.* 2006, Luz 2007, Cruz e Campos 2008, Crispim *et al.* 2017). Entretanto, há poucas pesquisas referentes à determinação da taxa de cruzamento, especialmente para *C. chinense*. O conhecimento do sistema reprodutivo de uma espécie é de essencial importância para os melhoristas, uma vez que tal informação pode auxiliar na elaboração de estratégias para a condução do melhoramento genético.

A demanda por pimentas e produtos à base de pimentas tem aumentado significativamente, destacando-se como um dos condimentos mais vendidos no mundo (Rufino e Penteado 2006, Ribeiro *et al.* 2008). As pimentas tem se mostrado um produto interessante a ser explorado no Brasil, cuja exploração dos recursos genéticos possibilita o lançamento de novos produtos no mercado com qualidades antes desconhecidas, contribuindo para o desenvolvimento sustentável da agricultura e da agroindústria (Neitzke 2012). Além disso, há a demanda por novos cultivares que visam atender não somente as necessidades dos produtores, quanto à tolerância a estresses abióticos e bióticos, como também ao mercado consumidor, em que os aspectos qualitativos possuem um grande peso em função da forma de utilização (fruto fresco, processado, fruto seco, para extração de oleoresina e ornamental).

Diante do exposto, objetivou-se neste trabalho caracterizar morfoagronomicamente 40 acessos de pimenta pertencentes ao banco de germoplasma da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo (USP/ESALQ), cujas informações foram utilizadas para a tomada de decisão quanto à metodologia para a avaliação e determinação da taxa de cruzamento natural para acessos da espécie *C. chinense*.

2. CONCLUSÕES

- A caracterização morfoagronômica foi essencial para o conhecimento da diversidade disponível no banco de germoplasma de pimentas, além disso, forneceu informações que foram necessárias para a estimativa da taxa de cruzamento da espécie *C. chinense*.
- Alta variabilidade morfoagronômica foi observada em 40 acessos de pimentas (34 *C. chinense*, 4 *C. annuum* e/ou *C. frutescens* e 2 *C. baccatum*) do banco de germoplasma da ESALQ/USP.
- Este estudo se configura como o primeiro referente à taxa de cruzamento para a espécie *C. chinense*, a qual demonstrou possuir sistema reprodutivo misto com taxas de cruzamento de 0% a 40,6% que variaram principalmente conforme o genótipo.
- A metodologia desenvolvida com base em marcadores morfológicos foi eficiente para quantificar as taxas de cruzamento natural e determinar a direção do cruzamento entre três acessos de *C. chinense*. A metodologia também permite adaptações para investigações mais detalhadas sobre os fatores que influenciam o sistema reprodutivo.

REFERÊNCIAS

- Ahmed N e Tanki MI (1994) Effect of planting distance and direction on natural cross pollination and their role in seed production of pepper (*Capsicum annuum*). Turin, Italy, p. 94–96. In Belletti P e Quagliotti L (orgs) ***Capsicum & Eggplant Newsletter* 13.**
- Aleemullah M, Haigh AM e Holford P (2000) Anthesis, anther dehiscence, pistil receptivity and fruit development in the Longum group of *Capsicum annuum*. **Australian Journal of Experimental Agriculture** 40: 755–762.
- Allard RW (1971) **Princípios do melhoramento genético das plantas**. Edgard Blucher, São Paulo, 381p.
- Alves SRM (2009) Caracterização de genótipos de pimenta-de-cheiro (*Capsicum chinense* Jaq.). Universidade Federal do Amazonas, 74p.
- Andrews J (1995) **Peppers: the domesticated *Capsicum***. University of Texas Press, Austin, 186p.
- Araújo CMM, Silva Filho DF, Ticona-Benavente CA e Batista MRA (2018) Morphoagronomic characteristics display high genetic diversity in Murupi chili pepper landraces. **Horticultura Brasileira** 36: 83–87.
- Baba VY, Rocha KR, Gomes GP, de Fátima Ruas C, Ruas PM, Rodrigues R e Gonçalves LSA (2015) Genetic diversity of *Capsicum chinense* accessions based on fruit morphological characterization and AFLP markers. **Genetic Resources and Crop Evolution** 63: 1371–1381.
- Baral JB e Bosland PW (2004) Unraveling the species dilemma in *Capsicum frutescens* and *C. chinense* (Solanaceae): a multiple evidence approach using morphology, molecular analysis, and sexual compatibility. **Journal of the American Society for Horticultural Science** 129: 826–832.

- Barbieri RL e Neitzke RS (2008) Pimentas do gênero *Capsicum*. EMBRAPA, Brasília, DF, p. 729–745. In Barbieri RL e Stumpf ERT (orgs) **Origem e evolução de plantas cultivadas**.
- Barrett SCH e Harder LD (2017) The ecology of mating and its evolutionary consequences in seed plants. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics** **48**: 135–157.
- Bharath SM, Cilas C e Umaharan P (2013) Fruit trait variation in a caribbean germplasm collection of aromatic hot peppers (*Capsicum chinense* Jacq.). **HortScience** **48**: 531–538.
- Bianchi PA, Dutra IP, Moulin MM, Santos JO e Santos Júnior AC (2016) Morphological characterization and analysis of genetic variability among pepper accessions. **Ciência Rural** **46**: 1151–1157.
- Borovsky Y, Sharma VK, Verbakel H e Paran I (2015) CaAP2 transcription factor is a candidate gene for a flowering repressor and a candidate for controlling natural variation of flowering time in *Capsicum annuum*. **Theoretical and Applied Genetics** **128**: 1073–1082.
- Bosland PW (1993) An effective plant field cage to increase the production of genetically pure Chile (*Capsicum* spp.) seed. **HortScience** **28**: 1053.
- Bosland PW (1996) *Capsicums*: Innovative Uses of an Ancient Crop. ASHS Press, Arlington, VA, p. 479–487. In Janick J (org) **Progress in new crops**.
- Bosland PW e Baral JB (2007) “Bhut Jolokia” - The world’s hottest known chile pepper is a putative naturally occurring interspecific hybrid. **HortScience** **42**: 222–224.
- Campodonico OP (1983) Estimates of natural cross-pollination in Serrano pepper (*Capsicum annuum* L.). Turin, Italy, p. 113–115. In **Capsicum Newsletter** **2**.
- Carrizo García C, Barfuss MHJ, Sehr EM, Barboza GE, Samuel R, Moscone EA e Ehrendorfer F (2016) Phylogenetic relationships, diversification and expansion of chili peppers (*Capsicum*, Solanaceae). **Annals of Botany** **118**: 35–51.
- Carvalho SIC de, Bianchetti L de B, Ribeiro CS da C e Lopes CA (2006) **Pimentas do Gênero *Capsicum* no Brasil**. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, 27p.
- Carvalho SIC, Ragassi CF, Bianchetti LB, Reifschneider FJB, Buso GSC e Faleiro FG (2014) Morphological and genetic relationships between wild and domesticated forms of peppers (*Capsicum frutescens* L. and *C. chinense* Jacquin). **Genetics and molecular research** **13**: 7447–7464.
- Cauch O, Quezada Euán JJG, Ramírez VM, Valdovinos-Nuñez GR e Moo-Valle H (2006) Pollination of habanero pepper (*Capsicum chinense*) and production in enclosures using the stingless bee *Nannotrigona perilampoides*. **Journal of Apicultural Research** **45**: 125–130.
- Costa LV, Lopes MTG, Lopes R e Alves SRM (2008) Polinização e fixação de frutos em *Capsicum chinense* Jacq. **Acta Amazonica** **38**: 361–364.
- Crispim JG, Rêgo ER, Rêgo MM, Nascimento NFF, Barroso PA, Crispim JG, Rêgo ER, Rêgo MM, Nascimento NFF e Barroso PA (2017) Stigma receptivity and anther dehiscence in ornamental pepper. **Horticultura Brasileira** **35**: 609–612.
- Cruz DDO e Campos LADO (2008) Biologia floral e polinização de pimenta malagueta (*Capsicum frutescens* L., Solanaceae): um estudo de caso. **Acta Scientiarum. Biological Sciences** **29**: 375–379.
- Djian-Caporalino C, Lefebvre V, Sage-Daubèze A-M e Palloix A (2006) *Capsicum*. CRC Press, Boca Raton, FI, USA, p. 185–244. In Singh RJ (org) **Genetic Resources, Chromosome Engineering, and Crop Improvement: Volume 3. Vegetable Crops**.

- Domenico CI, Coutinho JP, Godoy HT e Melo AM (2012) Caracterização agrônômica e pungência em pimenta de cheiro. **Horticultura Brasileira** 30: 466–472.
- FAO (2018) FAOSTAT Database. Available at <http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity> Acessado 10 de setembro de 2018.
- Fonseca RM (2016) Caracterização morfoagronômica de gerações de *Capsicum annuum* x *Capsicum chinense*. Universidade Federal do Amazonas Faculdade de Ciências Agrárias, 142p.
- Fonseca RM, Lopes R, Barros WS, Lopes MTG e Ferreira FM (2008) Morphologic characterization and genetic diversity of *Capsicum chinense* Jacq. accessions along the upper Rio Negro - Amazonas. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** 8: 187–194.
- Hayano-Kanashiro C, Gámez-Meza N e Medina-Juárez LÁ (2016) Wild pepper *Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*: taxonomy, plant morphology, distribution, genetic diversity, genome sequencing, and phytochemical compounds. **Crop Science** 56: 1–11.
- Heiser Jr. CB (1976) Peppers *Capsicum* (Solanaceae). Longman, London, p. 265–268. In Simmond NW (org) **Evolution of crop plants**.
- Horneburg B e Becker HC (2018) Spontaneous outcrossing in tomato depends on cultivar and environment and varies between individual flowers. **Plant Breeding**.
- IPGRI (1995) Descriptors for *Capsicum* (*Capsicum* spp.). p. 114.
- Jarret RL e Berke T (2008) Variation for fruit morphological characteristics in a *Capsicum chinense* Jacq. germplasm collection. **HortScience** 43: 1694–1697.
- Justino E, Fonseca M, Ferreira M, Boiteux L, Silva P e Nascimento W (2018) Estimate of natural cross-pollination rate of *Capsicum annuum* using a codominant molecular marker associated with fruit pungency. **Genetics & Molecular Research** 17: 1–9.
- Justino EV (2013) Maturação fisiológica e taxa de cruzamento natural na produção de sementes de *Capsicum*. Universidade de Brasília, 128p.
- Kim C-G, Kim DI, Kim H-J, Park JE, Lee B, Park KW, Jeong S-C, Choi KH, An JH, Cho K-H, Kim YS e Kim HM (2009) Assessment of gene flow from genetically modified anthracnose-resistant chili pepper (*Capsicum annuum* L.) to a conventional crop. **Journal of Plant Biology** 52: 251–258.
- Kim C-G, Park KW, Lee B, Kim DI, Park J-Y, Kim H-J, Park JE, An JH, Cho K-H, Jeong S-C, Choi KH, Harn CH e Kim HM (2009) Gene flow from genetically modified to conventional chili pepper (*Capsicum annuum* L.). **Plant Science** 176: 406–412.
- Kraft KH, Brown CH, Nabhan GP, Luedeling E, Luna Ruiz J de J, Coppens d'Eeckenbrugge G, Hijmans RJ e Gepts P (2014) Multiple lines of evidence for the origin of domesticated chili pepper, *Capsicum annuum*, in Mexico. **Proceedings of the National Academy of Sciences** 111: 6165–6170.
- Lannes SD, Finger FL, Schuelter AR e Casali VWD (2007) Growth and quality of Brazilian accessions of *Capsicum chinense* fruits. **Scientia Horticulturae** 112: 266–270.
- Luna-Ruiz J de J, Nabhan GP e Aguilar-Meléndez A (2018) Shifts in plant chemical defenses of chili pepper (*Capsicum annuum* L.) due to domestication in Mesoamerica. **Frontiers in Ecology and Evolution** 6: 1–12.
- Luz FJ de F (2007) Caracterizações morfológica e molecular de acessos de pimenta (*Capsicum chinense* Jacq.). Universidade Estadual Paulista, 70p.
- Martins KC, Souza SAM, Pereira TNS, Rodrigues R, Pereira MG e Cunha M da (2018) Caracterização palinológica e divergência genética entre acessos de pimenta e pimentão. **Horticultura Brasileira** 31.

- Meyer RS, DuVal AE e Jensen HR (2012) Patterns and processes in crop domestication: an historical review and quantitative analysis of 203 global food crops. **New Phytologist** **196**: 29–48.
- Moreira AFP, Ruas PM, Ruas C de F, Baba VY, Giordani W, Arruda IM, Rodrigues R e Gonçalves LSA (2018) Genetic diversity, population structure and genetic parameters of fruit traits in *Capsicum chinense*. **Scientia Horticulturae** **236**: 1–9.
- Moscone EA, Scaldaferrro MA, Grabiele M, Cecchini NM, Sánchez García Y, Jarret R, Daviña JR, Ducasse DA, Barboza GE e Ehrendorfer F (2007) The evolution of chili peppers (*Capsicum* - solanaceae): a cytogenetic perspective. **Acta Horticulturae** **745**: 137–170.
- Neitzke RS (2012) Recursos genéticos de pimentas do gênero *Capsicum* - explorando a multiplicidade de usos. Universidade Federal de Pelotas.
- Neitzke RS, Fischer SZ, Vasconcelos CS, Barbieri RL, Treptow RO, Neitzke RS, Fischer SZ, Vasconcelos CS, Barbieri RL e Treptow RO (2016) Pimentas ornamentais: aceitação e preferências do público consumidor. **Horticultura Brasileira** **34**: 102–109.
- Nuez Viñals F, Gil Ortega R e Costa García J (1996) **El cultivo de pimientos, chiles y ajies**. Mundi-Prensa, Madrid, 607p.
- Odland ML e Porter AM (1941) A study of natural crossing in peppers (*Capsicum frutescens*). **American Society for Horticultural Science** 585–588.
- Padilha HKM e Barbieri RL (2016) Plant breeding of chili peppers (*Capsicum*, Solanaceae) – A review. **Sciences, Australian Journal of Basic and Applied** **10**: 148–154.
- Padilha HKM, Sosinki ÊE e Barbieri RL (2016) Morphological diversity and entropy of peppers (*Capsicum baccatum* and *Capsicum chinense*, solanaceae). **International Journal of Current Research** **8**: 42758–42766.
- Pereira R de CA, Crisóstomo JR, Rosseti AG e Santos OG dos (2014) Avaliação de progênies de pimenta tabasco (*Capsicum frutescens* L.) no Ceará. **Horticultura Brasileira** **31**: 1479–1486.
- Perry L e Flannery K V (2007) Precolumbian use of chili peppers in the Valley of Oaxaca, Mexico. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America** **104**: 11905–9.
- Pickersgill B (1991) Cytogenetics and evolution of *Capsicum* L. Elsevier, Amsterdam, p. 139–160. In Tsuchiya T e Gupta P (orgs) **Chromosome engineering in plants: genetics, breeding, evolution**.
- Pickersgill B (2007) Domestication of plants in the Americas: insights from mendelian and molecular genetics. **Annals of Botany** **100**: 925–940.
- Pickersgill B (1997) Genetic resources and breeding of *Capsicum* spp. **Euphytica** **96**: 129–133.
- Pickersgill B (1971) Relationships between weedy and cultivated forms in some species of chili peppers (genus *Capsicum*). **Evolution** **25**: 683.
- Pickersgill B (1977) Taxonomy and the origin and evolution of cultivated plants in the New World. **Nature** **268**: 591–595.
- R Core Team (2018) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Rabinowitch HD, Fahn A, Meir T e Lensk Y (1993) Flower and nectar attributes of pepper (*Capsicum annuum* L.) plants in relation to their attractiveness to honeybees (*Apis mellifera* L.). **Annals of Applied Biology** **123**: 221–232.
- Raw A (2000) Foraging behaviour of wild bees at hot pepper flowers (*Capsicum annuum*) and its possible influence on cross pollination. **Annals of Botany** **85**: 487–492.

- Rêgo ER do, Nascimento MF, Nascimento NFF do, Santos RMC dos, Fortunato FLG e Rêgo MM do (2012) Comparação de métodos para a produção de frutos autofecundados em pimenteiras ornamentais. **Horticultura Brasileira** 30: 669–672.
- Rêgo ER, Finger FL, Bolsista NFN, Araújo ER e Sapucay MJLC (2011) Genética e melhoramento de pimenteiras *Capsicum* spp. Imprima, Recife, p. 117–135. In Rêgo ER, Finger FL, e Rêgo MM (orgs) **Produção, genética e melhoramento de pimentas (*Capsicum* spp.)**.
- Ribeiro CSC, Carvalho SIC., Lopes CA. e Reifschneider FJB (2008) **Pimentas *Capsicum***, 1º ed. EMBRAPA, Brasília, DF, 200p.
- Ribeiro CSC e Reifschneider FJB (2016) A snapshot of hot pepper cultivars in Brazil - challenges and opportunities for breeding programs. Trujillo, Peru. In **23rd International Pepper Conference - Book of Abstracts**.
- Rodrigues R, Bento C dos S, Pimenta S e Sudré CP (2016) Melhoramento de Pimentão e Pimenta. UFV, Viçosa, MG, p. 464. In Nick C e Borém A (orgs) **Melhoramento de Hortaliças**.
- Rufino JL dos S e Penteado DCS (2006) Importância econômica, perspectivas e potencialidades do mercado para pimenta. **Informe Agropecuário** 27: 7–15.
- Serrano AR e Guerra-Sanz JM (2006) Quality fruit improvement in sweet pepper culture by bumblebee pollination. **Scientia Horticulturae** 110: 160–166.
- Shifriss C (1997) Male sterility in pepper (*Capsicum annuum* L.). **Euphytica** 93: 83–88.
- Smith PG e Heiser CB (1957) Taxonomy of *Capsicum sinense* Jacq. and the geographic distribution of the cultivated *Capsicum* species. **Bulletin of the Torrey Botanical Club** 84: 413–420.
- Srikanth A e Schmid M (2011) Regulation of flowering time: all roads lead to Rome. **Cellular and Molecular Life Sciences** 68: 2013–2037.
- Sudré CP, Gonçalves LSA, Rodrigues R, do Amaral Junior AT, Riva-Souza EM e dos S. Bento C (2010) Genetic variability in domesticated *Capsicum* spp as assessed by morphological and agronomic data in mixed statistical analysis. **Genetics and Molecular Research** 9: 283–294.
- Tanksley SD (1984) High rates of cross-pollination in chile pepper. **HortScience (USA)** 19: 580–582.
- Valls JFM (2007) Caracterização de Recursos Genéticos Vegetais. EMBRAPA, Brasília, DF, p. 281–305. In Nass LL (org) **Recursos Genéticos Vegetais**.
- Vasconcelos CS De, Barbieri RL, Neitzke RS, Fischer SZ e Mistura CC (2014) Distância genética entre variedades crioulas de *Capsicum chinense*. **Magistra** 26: 178–185.
- Vasconcelos CS de, Barbieri RL, Neitzke RS, Priori D, Fischer SZ e Mistura CC (2012) Determinação da dissimilaridade genética entre acessos de *Capsicum chinense* com base em características de flores. **Revista Ceres** 59: 493–498.
- Vencovsky R, Pereira MB, Crisóstomo JR e Ferreira MAJ (2001) Genética e melhoramento de populações mistas. Fundação MT, p. 231–281. In Nass LL, Valois ACC, Melo SI, e Valadaresinglis MC (orgs) **Recursos genéticos e melhoramento de plantas**.
- Villela JCB, Barbieri RL, Padilha HKM, Neitzke RS e Gomes GC (2018) Os recursos genéticos de pimentas e o empoderamento dos agricultores de Turuçu. **Revista RG News** 4: 7–13.
- Yamamoto S, Misumi M e Nawata E (2007) Effects of various photoperiods on flowering in *Capsicum frutescens* and *C. annuum*. **Environment Control in Biology** 45: 133–142.