



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGRONOMIA**

TESE

**CARACTERIZAÇÃO MORFOAGRONÔMICA E
DIVERGÊNCIA GENÉTICA EM POPULAÇÕES F₃ DE
PIMENTEIRAS ORNAMENTAIS (*Capsicum annuum* L.)**

JÚLIO CARLOS POLIMENI DE MESQUITA

2015



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGRONOMIA**



**CARACTERIZAÇÃO MORFOAGRONÔMICA E DIVERGÊNCIA
GENÉTICA EM POPULAÇÕES F₃ DE PIMENTEIRAS ORNAMENTAIS
(*Capsicum annuum* L.)**

JÚLIO CARLOS POLIMENI DE MESQUITA

Sob a Orientação da Professora

Elizanilda Ramalho do Rêgo

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, como requisito para obtenção do grau de **Doutor em Agronomia**.

Areia, PB

Setembro de 2015

Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos da
Biblioteca Setorial do CCA, UFPB, Campus II, Areia – PB

M582c Mesquita, Júlio Carlos Polimeni de.

Caracterização morfoagronômica e diversidade genética em populações F₃ de pimenteiras ornamentais (*Capsicum annuum* L.) / Júlio Carlos Polimeni de Mesquita. - Areia: UFPB/CCA, 2015.

Xiv, 80f. : il.

Tese (Doutorado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2015.

Bibliografia.

Orientadora: Elizanilda Ramalho do Rêgo.

1. Pimenteiras 2. Diversidade genética 3 Análise multivariada 4. Escalonamento multidimensional I. Rêgo, Elizanilda Ramalho do II. Título.

UFPB/CCA

CDU: 633.2(043.2)

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: CARACTERIZAÇÃO MORFOAGRONÔMICA E DIVERGÊNCIA GENÉTICA EM POPULAÇÕES F₃ DE PIMENTEIRAS ORNAMENTAIS (*Capsicum annum* L.)

AUTOR: JÚLIO CARLOS POLIMENI DE MESQUITA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR em AGRONOMIA (Agricultura Tropical) pela comissão examinadora:

Prof.^a Elizanilda Ramalho do Rêgo, Dr.^a. Sc
CCA/UFPB
Orientadora

Prof. Mailson Monteiro do Rêgo, Dr. Sc
CCA/UFPB
Examinador

Prof. Dimas Menezes, Dr. UFRPE
Examinador

Prof. Anderson Rodrigo da Silva Dr. IF Goiano
Examinador

Prof.^a. Riselane de Lucena Alcântara Bruno Dr.^a UFPB
Examinadora

Data da realização: 03 de setembro de 2015

Presidente da Comissão Examinadora
Prof.^a Dr.^a Elizanilda Ramalho do Rêgo
Orientadora

‘Em todo instante, confio em Deus. No que faço, penso em Deus. Com quem vivo, amo a Deus. Por onde sigo, sigo com Deus. No que acontece, Deus faz o melhor. Tudo o que tenho, é bênção de Deus.’

Emmanuel
Chico Xavier

Aos meus pais

*Roque Ferreira de Mesquita (in memoriam) e
Vanilda Assunta Polimeni de Mesquita*

Aos meus irmãos

*Victor, Rumânia, Antônio, Vital, Fátima,
Graciete e André*

*À minha esposa Gisele e aos meus filhos Maiara
e Júlio Filho, bênçãos de Deus em minha vida.*

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus “inteligência suprema e causa primária de todas as coisas”, pelas bênçãos recebidas durante esta existência e pela força para ultrapassar os obstáculos.

Aos meus pais, Roque Ferreira de Mesquita (*in memoriam*) e Vanilda Assunta Polimeni de Mesquita, pela educação doméstica, moral e pelos esforços empreendidos para minha formação moral, ética e acadêmica.

Aos meus irmãos Victor, Rumânia, Antônio, Vital, Fátima, Graciete e André, pela convivência familiar, amizade e incentivo para que pudéssemos chegar até aqui.

A minha esposa Gisele e aos meus filhos Maiara e Júlio Filho, pelo apoio, incentivo e força para alcançar este objetivo, a quem dedico esta conquista.

A professora Dr^a Elizanilda Ramalho do Rêgo, a quem sou muito grato, pela orientação nos trabalhos acadêmicos, amizade e acima de tudo, pelas cobranças que nos oportunizaram abrir o leque do conhecimento vencendo barreiras.

Ao Professor Dr. Maílson Monteiro do Rêgo pela amizade, confiança, apoio, ensinamentos e incentivo.

Ao Professor Dr. Dimas Menezes pela amizade durante todos esses anos e principalmente pela formação, incentivo e apoio para desbravarmos o vasto campo da olericultura.

Ao amigo Dr. Luiz Gonzaga Bione Ferraz pela amizade, incentivo e expressivo apoio na correção dos artigos científicos.

Ao Professor Dr. Anderson Rodrigo da Silva pela amizade e colaboração nas análises estatísticas.

A amiga Almira Almeida de Souza Galdino, bibliotecária do Instituto Agrônomo de Pernambuco, pelo apoio na correção das referências bibliográficas.

Aos amigos, João Neto, Lucas Chaves, que ajudaram e/ou colaboraram para com a condução e avaliação deste trabalho, com quem compartilhamos momentos de grande aprendizado.

Aos colegas do laboratório de biotecnologia vegetal: Priscila, Wellington, Lindamara, Jorge, Bruno, Ana Paula, Ângela, Marcelo, Maiara, Gláucia, Flávia, Thainá, Aline, Ayron, Jardel, Joelson, Bruna, Samara, Giovanna, Naysa e Mayana, pela oportunidade de dividir experiências e aprendizado.

Ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) pela liberação para a realização do curso de pós-graduação a nível de doutorado.

Ao Dr. Júlio Zoé pelo apoio, incentivo e liberação para que pudéssemos desenvolver este trabalho de pesquisa.

Aos colegas do IPA, Cristina Lemos, Vital Artur, Edinardo Ferraz, Antônio Raimundo, José Nildo Tabosa, Antônio Félix, Jonas Candeia, Mina Karasawa, pelo apoio, incentivo e confiança.

Aos amigos José Miguel dos Santos, Mário Roberto dos Santos, Antonio Miguel dos Santos e José Alexandre dos Santos, pelo apoio, incentivo e confiança.

A Universidade Federal da Paraíba e aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

A todos os amigos e parentes que torceram e vibraram com o desafio que empreendemos para essa conquista, muito obrigado.

BIOGRAFIA

JÚLIO CARLOS POLIMENI DE MESQUITA, filho de Roque Ferreira de Mesquita e Vanilda Assunta Polimeni de Mesquita, nasceu na cidade do Recife, Pernambuco, em 18 de fevereiro de 1968.

Em agosto de 1993, graduou-se em Agronomia, pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE.

Em agosto de 2008, concluiu o mestrado na área de Agronomia, com ênfase no Melhoramento Genético de Plantas, pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE.

Em março de 2012, ingressou no curso de Doutorado em Agronomia (Agricultura Tropical), pela Universidade Federal da Paraíba, em Areia-PB.

RESUMO GERAL

O gênero *Capsicum* apresenta ampla variabilidade genética e a maneira mais utilizada de determinar essa variabilidade é através dos descritores morfológicos, essenciais para se obter informações sobre a diversidade disponível, possibilitando sua melhor utilização em programas de melhoramento. O conhecimento dessa diversidade é fundamental para o programa de melhoramento genético da espécie que se deseja melhorar, a qual poderá ser, no caso de pimenteiros, o desenvolvimento de cultivares que se destinem a produção de frutos, para consumo *in natura*, indústrias: alimentícias de condimentos, conservas e corantes; farmacêutica; cosmética; para serem utilizadas como porta-enxerto ou, mais recentemente, como planta ornamental. Assim, o primeiro capítulo desta tese de doutoramento, teve como objetivo caracterizar e avaliar a divergência genética e a herdabilidade das características morfoagronômicas em treze populações de pimenteiros ornamentais, sendo oito populações F₃: F₂1 (P-1), F₂4 (P-2), F₂5 (P-3), F₂7 (P-4), F₂9 (P-5), F₂10 (P-6), F₂11 (P-7) e F₂31 (P-8), originárias do cruzamento entre os acessos 134 (P-9) e 77.2 (P10), e cinco testemunhas adicionais os acessos 134 (P9), 77.2 (P10), 10.1 (P11), 10.2 (P-12) e 10.3 (P-13). O acesso P-9 apresenta porte baixo, folhas verdes, flores brancas frutos pequenos de coloração creme para vermelho. O acesso P-10 são plantas de porte alto com folhas jaspeadas, flores lilás e frutos pequenos e coloração de lilás para vermelho. Já os acessos P-11, P-12 e P-13 plantas com características de porte muito similares, frutos grandes e vistosos diferindo apenas na coloração do fruto maduro P-11(amarelo), P-12 (vermelho) e P-13 (laranja). O trabalho foi conduzido em casa de vegetação. Cinquenta plantas de cada população F₃ e dez de cada testemunha adicional foram distribuídas em delineamento experimental inteiramente casualizado com dois fatores: Populações e Anos. Foram avaliados 16 descritores morfológicos, sendo seis referentes a planta e dez ao fruto. A análise de variância foi realizada com os dados das cinco testemunhas e utilizou-se o quadrado médio do resíduo para se realizar o teste de comparação de médias. Os genótipos foram agrupados de acordo com os critérios de Scott-Knott ($P \leq 0,05$). A interação foi significativa para todas as características, exceto para a altura da primeira bifurcação e número de sementes por fruto. A herdabilidade variou de 91,18% (diâmetro do caule) a 99,97% (maior diâmetro do fruto), para o primeiro ano de avaliação, e 85,75% (teor de matéria seca) a 99,65% (maior diâmetro do fruto), para o segundo ano. A relação entre o coeficiente de variação genética e o coeficiente de variação ambiental apresentou valores superiores a 1 para todas as características, com exceção para diâmetro do caule, relação comprimento /diâmetro do fruto e teor de matéria seca. A

população P3 foi a que apresentou as menores médias para a altura da planta e diâmetro da copa, sendo conseqüentemente a mais recomendada para seleção dentro visando porte ornamental. No segundo capítulo, o objetivo foi avaliar a divergência genética entre treze populações de pimenteiras ornamentais, usando técnicas multivariadas, e determinar quais as características morfológicas que contribuíram mais para a divergência genética. A divergência genética entre as populações de pimenteiras ornamentais foi determinada por análise de agrupamento e de variáveis canônicas. A análise multivariada revelou que existe interação entre os fatores estudados ($p < 0,01$). Observou-se concordância entre as técnicas multivariadas utilizadas. As características de fruto foram as que mais contribuíram para a divergência genética, separando as populações P11, P12 e P13 das demais populações. Esses resultados se repetiram nos dois anos de avaliação. O terceiro capítulo, teve como objetivos caracterizar e estimar a divergência genética dentro de grupos pré-estabelecidos de populações F₃ de pimenteiras ornamentais. Oito populações F₃ foram avaliadas, em delineamento inteiramente casualizado, com dois fatores (Populações e Anos). Foram utilizados descritores quantitativos e qualitativos. Foram estimadas matrizes de dissimilaridade entre genótipos dentro das populações utilizando o coeficiente de dissimilaridade de Gower. A divergência genotípica, explicada pelas matrizes de dissimilaridade, foram analisadas via escalonamento multidimensional não-métrico (nMDS). A uniformidade interna apresentada pelas populações P4, P6, P7, P5 e P8, é indicativo de que os genótipos destas populações apresentam aptidão para serem utilizados em futuros programas de melhoramento de pimenteiras ornamentais. Por outro lado, as populações P1, P2 e P3 apresentaram a maior dispersão visual, possibilitando seleção, visando avanço de gerações futuras.

Palavras-chave: Diversidade genética, análise multivariada, escalonamento multidimensional não métrico, descritores morfológicos.

GENERAL ABSTRACT

Capsicum genus presents wide genetic variability and the most used way to determine this variability is through morphological descriptors, essential to obtain information on available diversity, making it possible to better use in breeding programs. Knowledge of this diversity is critical for breeding program of the species one wants to improve, which could be, in the case of pepper plant, cultivar development that are intended for fruit production, for fresh consumption, industries: food of condiments, canned and dyes; pharmaceutical; cosmetics; for use as a rootstock, or more recently as ornamental plant. So the first chapter of this doctoral thesis aimed to characterize and evaluate genetic divergence and heritability of morphoagronomic characteristics in thirteen populations of ornamental pepper plant, being eight populations F₃: F₂1 (P-1), F₂4 (P-2), F₂5 (P-3), F₂7 (P-4), F₂9 (P-5), F₂10 (P-6), F₂11 (P-7) and F₂31 (P-8), of crossing between the accesses 134 (P-9) and 77.2 (P10), and five additional witnesses: accesses 134 (P9), 77.2 (P10), 10.1 (P11), 10.2 (P-12), and 10.3 (P-13). The P-9 access presents small size, green leaves, white flowers, and cream to red small fruits. The P-10 access is composed of high-sized plants with vein-like leaves, purple flowers and small fruits and lilac to red fruits. P-11, P-12, and P-13 accesses show plants with very similar size characteristics, large and showy fruits, only differing in the color of ripe fruit P-11 (yellow), P-12 (red), and P-13 (orange). The work was conducted in a greenhouse. Fifty plants of each F₃ population and ten of each additional witnesses were distributed in a completely randomized experimental design with two factors: Population and Years. Sixteen morphological descriptors were evaluated, being six of plant and ten of fruit. Variance analysis was performed with the data of the five witnesses and used residual mean squared error to conduct the means comparison test. Genotypes were grouped according to Scott-Knott criteria ($p \leq 0.05$). The interaction was significant for all traits, except for the height of the first fork and number of seeds per fruit. The heritability ranged from 91.18% (stem diameter) to 99.97% (greater fruit diameter), for the first year of evaluation, and 85.75% (dry matter content) to 99.65% (higher fruit diameter), for the second year. The relation between genetic variation coefficient and environmental variation coefficient presented values higher than 1 for all traits, except for stem diameter, fruit length / diameter ratio and dry matter content. P3 population was the one with the lowest average for plant height and canopy diameter, thus, being the most recommended for selection of ornamental size. In the second chapter, the objective was to evaluate the genetic divergence between thirteen populations of

ornamental pepper plants, using multivariate techniques and determine which morphological characteristics contributed more for genetic divergence. Genetic divergence between populations of ornamental pepper plants was determined by clustering analysis and canonical variables. Multivariate analysis revealed that there is interaction between the studied factors ($p < 0.01$). There was agreement between the multivariate techniques used. Fruit characteristics were those that most contributed for genetic divergence, separating the populations P11, P12 and P13 from other populations. These results were repeated in the two years of evaluation. The third chapter aimed to characterize and estimate genetic divergence within pre-established groups of populations F_3 of ornamental pepper plants. Eight F_3 populations were evaluated in a completely randomized design with two factors (Populations and Years). Quantitative and qualitative descriptors were used. Dissimilarity matrices were estimated between genotypes within the populations, using Gower dissimilarity coefficient. Genotypic divergence explained by dissimilarity matrices were analyzed via non-metric multidimensional scaling (nMDS). Internal consistency presented by populations P4, P6, P7, P5, and P8, indicates that the genotypes of these populations present capability for use in future ornamental pepper plant breeding programs. On the other hand, populations P1, P2, and P3 presented the highest visual dispersion, allowing selection, aiming advancement of future generations.

Keywords: Genetic diversity, multivariate analysis, non-metric multidimensional scaling, morphological descriptors.

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	ix
GENERAL ABSTRACT.....	xi
SUMÁRIO.....	xiii
INTRODUÇÃO GERAL	15
REFERÊNCIAS	22
Capítulo I	31
Caracterização morfoagronômica e herdabilidade em genótipos de pimenteiras ornamentais (<i>Capsicum annuum</i> L.).....	31
RESUMO.....	31
ABSTRACT.....	32
INTRODUÇÃO.....	33
MATERIAL E MÉTODOS.....	35
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
REFERÊNCIAS.....	40
Capítulo II.....	51
Análise multivariada de divergência genética entre populações de pimenteiras ornamentais (<i>Capsicum annuum</i> L.).....	51
RESUMO.....	51
ABSTRACT.....	52
INTRODUÇÃO	53
MATERIAL E MÉTODOS	54
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56
REFERÊNCIAS.....	59
Capítulo III	66
Análise multivariada de divergência genética entre populações de pimenteiras ornamentais (<i>Capsicum annuum</i> L.).....	66
RESUMO.....	66
ABSTRACT.....	67
INTRODUÇÃO	68
MATERIAL E MÉTODOS	69
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	71

REFERÊNCIAS.....	73
ANEXOS.....	79

1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1. Origem

As pimenteiras pertencem ao gênero *Capsicum* e são nativas do continente Americano. Com base em registros históricos, elas são consideradas como a principal especiaria originária do continente americano. Existem evidências que apontam as espécies deste gênero como as primeiras plantas domesticadas na América do Sul e Central, porém sua domesticação é considerada relativamente recente, quando comparada a de outras espécies cultivadas (HEISER, 1995; SILVA, 2002; POZZOBON *et al.*, 2006; LANNES *et al.*, 2007; MOSCONE *et al.*, 2007; ALBRECHT *et al.*, 2012b).

Há documentação de microfósseis de frutos de pimenta encontrados em cavernas do Vale de Tehuacán, no México, que confirmam este continente como o mais antigo local de domesticação das pimenteiras (WALSH e HOOT, 2001; PERRY *et al.*, 2007). De Witt e Bosland (1997) relataram que a dispersão desse gênero deve ter ocorrido por meio de pássaros, ao transportarem as sementes durante seu processo natural em rotas migratórias.

Registros arqueológicos de aproximadamente 6000 anos, evidenciam que as pimenteiras foram os primeiros temperos utilizados pelo homem (PERRY *et al.*, 2007; HILL *et al.*, 2013).

Relatos históricos evidenciam que os espanhóis e os portugueses foram os primeiros povos a terem utilizado as pimenteiras do gênero *Capsicum*, desde o seu contato com populações indígenas no período de colonização. Posteriormente, passaram a disseminar o consumo das pimentas por diversos lugares, nos quais as mesmas adquiriram características e nomes próprios (ANDREWS, 1993; RUFINO e PENTEADO, 2006).

Para Basu e De (2003), o primeiro europeu a descobrir as pimenteiras em uma de suas lendárias viagens à América, por volta de 1493, teria sido Cristóvão Colombo, identificando nessa cultura uma fonte alternativa para substituir a pimenta-do-reino (*Piper nigrum*, L.) que, na época, era a especiaria favorita na Europa.

O Brasil é um importante centro de diversidade do gênero *Capsicum*, por abrigar espécies domesticadas, semidomesticadas e silvestres. As pimenteiras do gênero *Capsicum* tem ocupado lugar de destaque no agronegócio de hortaliças ocupando o segundo lugar no volume de exportação pelo Brasil, com 13,5% do valor total exportado de hortaliças (AGRIANUAL, 2012). Segundo Esterves (2011), do Rio Grande do Sul até Roraima, a

pimenteira é cultivada, porém os Estados de Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Ceará e Rio Grande do Sul são os maiores produtores.

A importância dessa cultura pode ser avaliada pelo volume de sementes comercializadas pois, durante o ano de 2009, o mercado de sementes no Brasil comercializou mais de 560 kg de sementes de pimenteiras, entre cultivares pungentes e não pungentes, estimando-se uma área cultivada de aproximadamente 1.900 ha (ABCSEM, 2009). Porém, esses dados não refletem a realidade econômica dessa cultura, pois nas estatísticas não se levam em conta que muitos agricultores produzem suas próprias sementes e que grande parte da produção é comercializada em feiras locais (Domenico *et al.*, 2012).

1.2. Aspectos botânicos e reprodutivos

As pimenteiras pertencem a família Solanaceae e ao gênero *Capsicum* e são descritas diversas espécies (ANDREWS, 1995; HUNZIKER, 2001; MONTEIRO *et al.*, 2010; NASCIMENTO *et al.*, 2012).

Há divergência entre alguns autores quanto ao número de espécies classificadas em função do nível de domesticação, como por exemplo: Carvalho *et al.* (2003) fazem referência a aproximadamente 20 espécies; Eshbaugh (1993) se reporta a cerca de 25 espécies, Reifschneider (2000) a 33 espécies; e Carrizo *et al.* (2013) a 35 espécies. Apenas cinco delas são consideradas domesticadas: *C. annuum* L., *C. chinense* Jacq., *C. frutescens* L., *C. baccatum* L. e *C. pubescens* Ruiz e Pavon. Apenas esta última não é cultivada no Brasil (PICKERSGILL, 1997; BIANCHETTI e CARVALHO, 2005; MOSCONE *et al.*, 2007). Ramchiary *et al.* (2013) consideram uma sexta espécie cultivada, *C. assamicum*, que foi identificada no nordeste da Índia por Purkayastha *et al.* (2012).

No Brasil, novas espécies do gênero *Capsicum* estão em processo de descrição. Barboza e Bianchetti (2005) identificaram três novas espécies na costa leste do Brasil: *C. pereirae*, no Espírito Santo e Minas Gerais; *C. friburguense*, no Rio de Janeiro; e *C. hunzikerianum*, em São Paulo. E, Barboza *et al.* (2011), descreveram duas espécies endêmicas em estados brasileiros: *C. caatingae*, encontrada na Bahia, Pernambuco e norte de Minas Gerais e *C. longidentatum*, encontrada na Bahia e Pernambuco.

As cinco espécies domesticadas formam três complexos, que têm por base a possibilidade de polinização cruzada entre espécies e entre complexos de espécies, embora algumas vezes com dificuldade de gerar progênie híbrida fértil. O complexo *C. annuum*, mais amplamente distribuído nas Américas e no mundo, inclui três espécies e suas formas

botânicas *C. annuum*, *C. chinense* e *C. frutescens*. O complexo *C. baccatum* consiste de pelo menos três espécies, *C. baccatum*, *C. baccatum* var. *praetermissum* e *C. tovarii*. Por fim, existe o complexo *C. pubescens*, formado por *C. pubescens*, *C. cardenasii* Heiser & Smith e *C. eximium* Hunz (ESHBAUGH, 1970; PICKERSGILL, 1997; IBIZA *et al.*, 2011).

A pimenteira é uma planta diploide, sendo que algumas espécies apresentam variação no número de cromossomos, com $2n=2x=24$ ou $2n=2x=26$ (BOSLAND, 2003; MOSCONE *et al.*, 2007; MARTINS *et al.*, 2010; RANGANATHANE e JAGATHEESWARI, 2013).

As plantas desse gênero apresentam hábito de crescimento e tamanho de plantas que variam de acordo com a espécie e as condições de cultivo. São plantas arbustivas, com caule semilenhoso, com presença ou não de pubescência, e podem ultrapassar 1,0m de altura. Embora sejam perenes, são cultivadas como plantas anuais. Apresentam sistema radicular pivotante, com número elevado de ramificações laterais, podendo chegar à profundidades de 70-120 cm (FILGUEIRA, 2008).

As folhas das pimenteiras apresentam tamanho e forma variadas, com presença ou não de pubescência e coloração do verde claro ao verde escuro, jaspeadas ou variegadas. A antocianina pode estar presente nas folhas, ao longo do comprimento do caule, dos nós e nos frutos, o que confere aos genótipos com estas características potencial de utilização como planta ornamental (BÜTTOW *et al.*, 2010; RÊGO *et al.*, 2011b).

As flores apresentam corola rotada ou raramente campanulada com cores altamente variáveis entre e dentro das espécies e com diferenças morfológicas tais como: o número e posição da flor por nó, a constrição do cálice, presença ou ausência de manchas nos lóbulos das pétalas e margem do cálice, sendo que as duas últimas características diferenciam as espécies ao nível de chaves taxonômicas (WALSH e HOOT, 2001; GUERRA, 2001; CARVALHO e BIANCHETTI, 2004; MOREIRA *et al.*, 2006). São hermafroditas, preferencialmente autógamas, podendo apresentar elevado percentual de polinização cruzada que varia de 0,5 a 70%, podendo ocorrer entre indivíduos dentro da mesma espécie e entre diferentes espécies (CARVALHO e BIANCHETTI, 2004; COSTA *et al.*, 2008; FILGUEIRA, 2008; RÊGO *et al.*, 2012b). A única espécie que apresenta flores morfológicamente atípicas é *C. cardenassii*, sendo auto-incompatível (PICKERSGILL, 1997).

O fruto é uma baga em forma de cápsula, com o número de lóculos de um a quatro, variando, entre e dentro das espécies, com ampla variabilidade quanto a forma, tamanho, coloração e pungência. A coloração dos frutos maduros pode variar desde o amarelo-leitoso, amarelo-forte, alaranjado, salmão, vermelho, roxo até preto (CARVALHO e BIANCHETTI, 2004).

A pungência, que confere o sabor picante ou ardor, se deve à presença de um alcaloide, a capsaicina, principal capsaicinóide das pimentas, mais concentrado na placenta e nas sementes dos frutos (CARVALHO *et al.*, 2003; MORTENSEN e MORTENSEN, 2009; NWOKEM *et al.*, 2010), o qual tem sido objeto de estudos clínicos e farmacológicos devido a sua atividade analgésica e anti-inflamatória (SPILLER *et al.*, 2008).

1.3. Importância econômica

A pimenteira tem sido amplamente cultivada em todos os continentes e seus frutos vem sendo utilizados como matéria-prima para as indústrias alimentícia, farmacêutica, cosmética e, na área de segurança militar, na composição de *sprays* (YAMAMOTO e NAWATA, 2005; BENTO *et al.*, 2007).

O Continente Asiático responde por aproximadamente 89% da área cultivada com pimenta no mundo, destacando-se a Índia, Coreia, Tailândia, China, Vietnã, Srilanka e Indonésia, como os maiores produtores. Em segundo lugar, encontram-se os Estados Unidos e o México, com 7% da produção mundial e por último, os países da Europa, África e Oriente Médio, com 4% da área cultivada (RUFINO e PENTEADO, 2006).

A pimenta é consumida em várias partes do mundo, principalmente na Bolívia, no Brasil, na Índia, no México e na América Central. No Brasil, a exploração dessa cultura é um dos segmentos do setor primário que mais tem crescido, pois é grande a demanda do mercado consumidor, sendo que as regiões que merecem destaque são sudeste, nordeste e, no norte, a da Bacia Amazônica (BOSLAND, 1994; PINTO e SILVA, 2006; SUDRÉ *et al.*, 2010). Atualmente, é a segunda cultura com maior volume de exportação do Brasil, perdendo apenas para o melão (*Cucumis melo*) (AGRIANUAL, 2012).

A cadeia produtiva da pimenteira apresenta relevante importância socioeconômica pois, durante o período da colheita, possibilita a fixação no campo de pequenos produtores rurais e suas famílias, a contratação sazonal de mão de obra, além do estabelecimento de indústrias processadoras que tem gerado novos empregos (RUFINO e PENTEADO, 2006; PINTO *et al.*, 2011).

O crescimento do mercado das pimentas tem impulsionado melhoristas e produtores para o desenvolvimento e uso de novo tipos de pimentas e de produtos com valor agregado, como pimenta em conserva, compotas exóticas, chocolate com pimenta, licores e em outras formas de processamento, além da sua utilização como planta ornamental (RÊGO *et al.*, 2012b).

Segundo Rêgo *et al.* (2015), o comércio de pimenteiros ornamentais em vasos tem merecido destaque especial, pois tem crescido mais que o mercado de flores de corte. No entanto, ainda são escassos os estudos sobre fatores de crescimento, precocidade, envelhecimento e senescência durante as fases de produção e pós-produção, ação do etileno, efeitos da temperatura e da fotossíntese sob baixa ou alta intensidade de luz (RÊGO *et al.*, 2012b).

1.4. Variabilidade genética

Devido a ampla variabilidade genética, presente no gênero *Capsicum*, as pimentas podem ser utilizadas como matéria-prima para a culinária na forma *in natura*, em conservas caseiras, nas indústrias alimentícia (condimentos, conservas e corantes), farmacêutica e cosmética (CHEEMA e PANT, 2011). Além disso, as plantas apresentam potencial de uso como porta-enxerto e, mais recentemente, tem sido utilizadas como planta ornamental (MOREIRA *et al.*, 2006; YAMAMOTO *et al.*, 2007; BENTO *et al.*, 2007; CARVALHO e BIANCHETTI, 2007; RÊGO *et al.*, 2009a; BÜTTOW *et al.*, 2010).

A diversidade das pimenteiros tem contribuído de forma significativa para o crescimento da produção de pimenta nas mais diferentes regiões do país. São adotados diversos sistemas de produção: em campo, nos cultivos tradicionais, em vasos e em ambiente protegido, o que tem contribuído para a ampliação da renda e fixação das famílias na zona rural, especialmente no segmento da agricultura familiar (FERRÃO *et al.*, 2011).

No entanto, Reifschneider (2000) relata que, apesar da grande diversidade presente neste gênero, o melhoramento de *Capsicum* no Brasil ainda não atingiu a devida relevância, considerando-se a importância das pimenteiros na cadeia produtiva. Esse cenário tem sido modificado, levando-se em conta a preocupação dos melhoristas em desenvolver cultivares considerando principalmente características ligadas aos frutos, tais como: tamanho, forma, teor de capsaicina, cor, firmeza, teor de vitaminas e uniformidade (LUZ, 2007).

O estudo da diversidade genética, de fundamental importância para o conhecimento da variabilidade genética existente nas populações ou nos genótipos conservados nos bancos ativos de germoplasma (BAG's), tem sido realizado por meio da caracterização morfoagronômica, utilizando-se vários tipos de variáveis, (BENTO *et al.*, 2007; RÊGO *et al.*, 2009; RÊGO *et al.*, 2011, a, b).

Assim, pode-se identificar genitores mais adequados à obtenção de híbridos com maior efeito heterótico, a serem utilizados em programas de melhoramento (CRUZ *et al.*,

2012; GONÇALVES *et al.*, 2008; RÊGO *et al.*, 2010). Rêgo *et al.*, (2011), ao estudar a diversidade entre acessos de *C. baccatum* encontraram grupos divergentes que poderiam ser utilizados em programas de melhoramento, podendo resultar em alto efeito heterótico. Porém, alguns fatores dificultam o uso do banco de germoplasma, tais como a falta de documentação e de descrição adequada e a insuficiente avaliação dos materiais genéticos das coleções, o que limita a ação dos melhoristas (GEPTS, 2006).

A utilização dos descritores morfológicos tem sido um instrumento utilizado visando a caracterização qualitativa e quantitativa da variabilidade existente nos BAG's. Segundo Sudré *et al.*, (2010) a caracterização de espécies domesticadas de *Capsicum* é de grande interesse, particularmente para os BAG's, pois a ampla variabilidade existente na espécie ainda não está inteiramente conhecida e explorada. Gonçalves *et al.*, (2008), ressaltam a importância da caracterização dos BAG's uma vez que colocam à disposição dos pesquisadores a variabilidade existente entre populações ou acessos, o que permite a seleção de genótipos superiores e possibilita o aumento da frequência alélica favorável.

A caracterização morfoagronômica é usualmente realizada por meio de descritores morfológicos de porte, folhas, flores e frutos (DIAS *et al.*, 2013) e tem revelado a diversidade que fomenta os programas de pesquisa para o melhoramento das espécies deste gênero (REIFSCHNEIDER, 2000; MONTEIRO *et al.*, 2010; LIM, 2013).

O principal objetivo de um programa de melhoramento genético é aumentar a frequência dos alelos favoráveis da característica que se deseja melhorar em uma população. Assim, o conhecimento da natureza do controle genético de um caráter é de grande importância para a condução eficiente de um programa de melhoramento, orientando na escolha do melhor procedimento de seleção e dos métodos de melhoramento mais eficientes na condução das populações segregantes (VENCOVSKY e BARRIGA, 1992; CRUZ e REGAZZI, 2012).

As estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos, como herdabilidade, correlação genética e fenotípica e ganhos com a seleção, possibilitam a tomada de decisões relacionadas com a escolha do método de melhoramento mais apropriado à cultura, pois permitem fazer inferências sobre a predição de ganhos com a seleção (CRUZ *et al.*, 2012).

Segundo Falconer e Mackay (1996) a herdabilidade é a parte da variação fenotípica que pode ser herdada, assim como o conhecimento de quanto da variação fenotípica é atribuída à variação genotípica é fundamental, pois influenciará a próxima geração. Pode ser estimada, no sentido amplo sendo definida como a razão da variância genotípica pela

variância fenotípica e, no sentido restrito, como a razão da variância genética aditiva pela variância fenotípica.

1.5. Técnicas multivariadas

As técnicas de análise multivariada têm sido utilizadas em estudos de divergência genética, a partir tanto de características quantitativas quanto qualitativas. Isso se deve ao fato de muitas dessas técnicas permitirem determinar distâncias genéticas/fenotípicas entre indivíduos, identificando também a variabilidade e a importância relativa de cada característica (VIANA E RESENDE, 2014). Assim, esses tipos de procedimento estatístico/biométrico são essenciais nos programas de melhoramento de várias espécies de hortaliças (RÊGO *et al.*, 2003; SUDRÉ, 2005). Dentre os métodos mais utilizados estão a análise de agrupamento, a análise de componentes principais e a análise de funções ou variáveis discriminantes canônicas. A técnica de escalonamento multidimensional também é uma opção viável, embora menos explorada que as anteriores.

Os métodos de agrupamento têm como objetivo a reunião dos indivíduos em grupos, de forma que se tenha homogeneidade dentro do grupo e heterogeneidade entre os grupos. São dependentes de estimativa prévia das medidas de dissimilaridade como a distância Euclidiana, a distância generalizada de Mahalanobis, entre outras. Os métodos aglomerativos podem ser hierárquicos ou de otimização. Nos métodos hierárquicos, os indivíduos são agrupados por processo que se repete em vários níveis até que seja construído o dendrograma, que permitirá estabelecer a relação entre os indivíduos. São exemplos de métodos aglomerativos hierárquicos: o método do vizinho mais próximo, vizinho mais distante, UPGMA e o Método de Ward.

A análise fundamentada em variáveis canônicas foi relatada inicialmente por Rao (1952). De acordo com Cruz *et al.* (2012), trata-se de um processo alternativo para avaliar o grau de similaridade genética entre um grupo de genótipos levando em consideração a matriz de covariância residual quanto a de covariância fenotípica entre as características estudadas. Possibilita identificar indivíduos ou progenitores similares em gráficos de dispersão bi ou tridimensionais. Para a interpretação satisfatória da variabilidade manifestada entre os genótipos é necessário que as duas ou três primeiras variáveis canônicas retenham no mínimo 80% da variação total contida no conjunto de caracteres analisados.

Por sua vez, o escalonamento multidimensional (*MDS: MultiDimensional Scaling*) é uma técnica de ordenação para redução dimensional, que permite dispor os indivíduos como

pontos no espaço, geralmente, bi ou tridimensional (MANLY, 2008; BORG e GROENEN, 2005). Essa técnica bastante geral, pelo fato de operar diretamente sobre matrizes de dissimilaridade ou de similaridade, é especialmente útil nos casos em que a relação entre indivíduos é desconhecida, o que é comum em bancos de germoplasma, mas é possível estimar uma matriz de dissimilaridade entre os indivíduos.

Nesse contexto, este trabalho foi dividido em três capítulos. No primeiro foi caracterizada e avaliada a divergência genética e a herdabilidade das características morfológicas, utilizando análise de variância e agrupamento das médias dos genótipos, de forma univariada. No segundo capítulo a divergência genética entre treze populações de pimenteiras ornamentais foi determinada por técnicas multivariadas: variáveis canônicas associada ao gráfico *biplot* e agrupamento pelo algoritmo de Ward com base na distância quadrada generalizada de Mahalanobis. E, por fim, no terceiro capítulo caracterizou-se e estimou-se a divergência genética dentro de grupos pré-estabelecidos de populações F₃ de pimenteiras ornamentais por meio de escalonamento multidimensional não métrico.

REFERÊNCIAS

ABCSEM - Associação Brasileira do Comércio de Mudas e Sementes. 2009. **Pesquisa de mercado de sementes de hortaliças. 2009.** Disponível em: <http://www.abcsem.com.br/dadosdosegmento.php>. Acesso em: 15 jun. 2013.

AGRIANUAL. 2012. **Anuário da agricultura Brasileira.** São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 303p.

ALBRECHT, E.; ZHANG, D.; MAYS, A. D.; SAFTNER, R. A.; STOMMEL, J. R. 2012b. Genetic diversity in *Capsicum baccatum* is significantly influenced by its ecogeographical distribution. **BMC Genetics**, v.13, p1-15, 2012b.

ANDREWS, J. 1993. Diffusion of Mesoamerican food complex to southeastern Europe. **The Geographical Review**, v.83, n.2, p.194-204, 1993.

ANDREWS, J. 1995. **Peppers: the domesticated Capsicum.** Austin: University of Texas Press. 170p, 1995.

BARBOSA, G. E.; BIANCHETTI, L. B. 2005. Three New Species of *Capsicum* (Solanaceae) and Key to the Wild Species from Brazil. **Systematic Botany**, v.30, n.4, p.863-871, 2005.

BARBOSA, G. E.; AGRA, M. F.; ROMERO, M. V.; SCALDAFERRO, M. A.; MOSCONE, E. A. (2011) New endemic species of *Capsicum* (Solanaceae) from the Brazilian Caatinga: comparison with the re-circumscribed *C. parvifolium*. **Systematic Botany**, v.36, p.768-781, 2011.

BASU S. K.; DE, A. K. *Capsicum*: historical and botanical perspectives. In: DE, A. K. (Ed) *Capsicum*: The genus *Capsicum*. London: Taylor & Francis, 2003. p.1-15.

BENTO, C. S.; SUDRÉ, C. P.; RODRIGUES, R.; RIVA, E. M.; PEREIRA, M. G. Descritores qualitativos e multicategoricos na estimativa da variabilidade fenotípica entre acessos de pimenta. **Scientia Agrária**, v.8, p.146-153, 2007.

BIANCHETTI, L.; CARVALHO, S. I. C. Subsídios à coleta de germoplasma de pimentas e pimentões do gênero *Capsicum* (Solanaceae). In: WALTER, B.M.T.; CAVALCANTI, T.B. (Eds.). **Fundamentos para coleta de germoplasma vegetal**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2005. p.355-385.

BORG, I.; GROENEN, P. J. F. **Modern Multidimensional Scaling: Theory and Applications**. Springer, 2 ed. 2005.

BOSLAND, P. W. Chiles: history, cultivation and uses. In: CHARALAMBOUS, G. (Ed.), **Spices: herbs and edible fungi**. New York: Elsevier Publication, p.347-366, 1994.

BÜTTOW, M. V.; BARBIERI, R. L.; NEITZKE, R. S.; HEIDEN, G.; CARVALHO, F. I. F. Diversidade genética entre acessos de pimentas e pimentões da Embrapa Clima Temperado. **Ciência Rural**[online], v.40, p.1264-1269, 2010.

CARRIZO, G. C.; STERPETTI, M.; VOLPI, P.; UMMARINO, M.; SACCARDO, F. Wild *Capsicums*: identification and in situ analysis of Brazilian species. In: THE EUCARPIA MEETING ON GENETICS AND BREEDING OF *CAPSICUM* AND EGGPLANT, 15., Torino, Italy. **Proceedings...** Torino, Italy: Università Deglistudidi Torino, p.205-213, 2013.

CARVALHO, S. I. C.; BIANCHETTI, L. B.; BUSTAMANTE, P. G.; SILVA, D. B. **Catálogo de germoplasma de pimentas e pimentões (*Capsicum spp.*) da Embrapa Hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2003. 49p. (Embrapa Hortaliças.Documentos, 49).

CARVALHO, S. I. C.; BIANCHETTI, L. B. **Sistema de produção de pimentas**: Botânica. Versão Eletrônica: Embrapa Hortaliças. 2004 Disponível em: <<http://www.cnph.embrapa.br/sistprod/pimenta/botanica.htm>>. Acesso em: 13 jan. 2014.

CARVALHO, S. I. C.; BIANCHETTI, L. B. **Pimenta (*Capsicum spp.*): botânica**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2007. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pimenta/Pimenta_capsicum_spp/botanica.html>. Acesso em: 05 fev. 2014.

CHEEMA, S. K.; PANT, M. R. Estimation of capsaicin in seven cultivated varieties of *Capsicum annum* L. **Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences**, v.2, n.2, p.701-706, 2011.

COSTA, L. V.; LOPES, M. T. G.; LOPES, R.; ALVES, S. R. M. (2008) Polinização e fixação de frutos em *Capsicum chinense* Jacq. **Acta Amazônica**, v.38, n.2, p.361-364, 2008.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2012. 514 p.

DE WITT, D.; BOSLAND, P. W. **Peppers of the world: an identification guide**. Berkeley, California: Ten Speed Press, 1997. 219p.

DIAS, G. B.; GOMES, V. M.; MORAIS, T. M. S.; ZOTTICH, U. P.; RABELO, G. R.; CARVALHO, A. O.; MOULIN, M. M.; GONÇALVES, L. S. A.; RODRIGUES, R.; CUNHA, M. Characterization of *Capsicum* species using anatomical and molecular data. **Genetics and Molecular Research**, v.23, p.222-232, 2013.

DOMENICO, C.I.; COUTINHO, J.P.; GODOY, H.T.; MELO, A.M.T. Caracterização agronômica e pungência em pimenta de cheiro. **Horticultura Brasileira**, v.30, p.466-472. 2012.

ESHBAUGH, W. H. A biosystematic and evolutionary study of *Capsicum baccatum* (Solanaceae). **Brittonia**, v.22, p.31-32, 1970.

ESHBAUGH, W. H. (1993). History and exploitation of a serendipitous new crop discovery, pp. 132-139. In: JANICK, J.; SIMON, J. E. (Eds.). **New crops**. New York: John Wiley & Sons, 1993. p.132-139.

ESTEVEES, M. (2011). **As novas variedades de pimenta da Embrapa e o mercado pimenteiro: oportunidade de renda para agricultores**. Disponível em: <http://hotsites.sct.embrapa.br/prosarural/programacao/2011/cultivares-de-pimentamais-resistentes-e-produtivas-1>. Acessado em 3 maio. 2014.

FALCONER, D. S., MACKAY, T. F. C. (1996). **Introduction to quantitative genetics**. 4th ed. New York: Longman, 464p.

FERRÃO, L. F. V.; CECON, P. R.; FINGER, F. L.; SILVA, F. F.; PUIATTI, M. Divergência genética entre genótipos de pimenta com base em caracteres morfoagrômicos. **Horticultura Brasileira**, v.29, n.3, p.354-358, 2011.

FILGUEIRA, F.A.R. (2008) **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3 ed. Viçosa: UFV, 421p.

GEPTS, P. Plant genetic resources conservation and utilization: the accomplishments and future of a societal insurance policy. **Crop Science**, v.46, p.2278-2296, 2006.

GONÇALVES, L. S.; RODRIGUES, R.; AMARAL JUNIOR, A. T.; KARASAWA, M. Comparison of multivariate statistical algorithms to cluster tomato heirloom accessions. **Genetics and Molecular Research**, v.7, p.1289-1297, 2008.

GUERRA, N.A. Estudios cromosómicos de cuatro selecciones de *Capsicum chinense* Jacq. **Revista UDO Agrícola**, v.1, n.1, p. 34-41, 2001.

HEISER, J. R. C. B. Peppers – *Capsicum* (Solanaceae). In: HEISER, C.B. **Evolution of crop plants**. London: Longman, 1995. p.449-451.

HILL, T. A.; ASHRAFI, H.; WO, R.C.S.; YAO, J.; STOFFEL, K.; TRUCO, J.M.; KOZIK, A.; MICHELMORE, R.W.; DEYNZE, A.V. Characterization of *Capsicum annuum* genetic diversity and population structure based on parallel polymorphism discovery with a 30K unigene pepper gene chip. **Plos One**, v.8, p.1-16, 2013.

HUNZIKER, A. T. **Genera solanacearum**: the genera of Solanaceae illustrated, arranged according to a new system. Liechtenstein: ARG GantnerVerlag, 2001.

IBIZA, V. P.; BLANCA, J.; CANIZARES, J.; NUEZ, F. Taxonomy and genetic diversity of domesticated capsicum species in the andean region. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v.59, n.6, p.1077, 2012.

LANNES, S. D.; FINGER, F. L.; SCHUELTER, A. R.; CASALI, V. W. D. Growth and quality of Brazilian accessions of *Capsicum chinense* fruits. **Scientia Horticulturae**, v.112, p.266-270, 2007.

LIM, T. K. **Edible medicinal and non-medicinal plantas *Capsicum baccatum* var. *pendulum***. 2013. v.6, cap.23, 202p.

LUZ F. J. F. **Caracterizações morfológica e molecular de acessos de pimenta (*Capsicum chinense* Jacq.)**. 2007. 70f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal-SP, 2007.

MANLY, B. F. J. **Métodos estatísticos multivariados**: uma introdução (tradução Sara Ianda Carmona). 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 229p. 2008.

MARTINS, K. C.; PEREIRA, T. N. S.; SOUZA, S. A. M.; COSTA, F. R. Meiose e viabilidade polínica em acessos de *Capsicum annuum* e *Capsicum baccatum*. **Ciência Rural**[online], v.40, p.746-1751, 2010.

MONTEIRO, E. R.; BASTOS, E. M.; LOPES, A. C. A.; GOMES, R. L. F.; NUNES, J. A. R. (2010) Diversidade genética entre acessos de espécies cultivadas de pimentas. **Ciência Rural**, v.40, n.2, 288-293, 2010.

MOREIRA, G. R.; CALIMAN, F. R. B.; SILVA, D. J. H.; RIBEIRO, C. S. C. Espécies e variedades de pimenta. **Informe Agropecuário**, v.27, p.16-29, 2006.

MORTENSEN, J. M.; MORTENSEN, J. E. (2009) The Power of capsaicin. **Journal of Continuing Education: Topics & Issues**, v.11,n.2, p.8-13, 2009.

MOSCONE, E. A.; SCALDAFERRO, M. A.; GRABIELE, M.; CECCHINI, N. M.; GARCÍA, Y. S.; JARRET, R.; DAVIÑA, J. R.; DUCASSE, D. A.; BARBOZA G. E.; EHRENDORFER, F. The evolution of chili peppers (*Capsicum* – Solanaceae): a cytogenetic perspective. **Acta Horticulturae**, v.745, p.137-169, 2007.

NASCIMENTO, K. O.; VICENTE, J.; SALDANHA, T.; BARBOSA JÚNIOR, J. L.; BARBOSA, M. I. M. J. Caracterização química e informação nutricional de geleia de pimenta Cambuci orgânica (*Capsicum baccatum* L.). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.7,p.283-288, 2012.

NWOKEM, C. O; AGBAJI, E. B; KAGBU, J. A; EKANEM, E. J. Determination of capsaicin content and pungency level of five different peppers grown in Nigeria. **Science Journal**, v.3, p.17-21, 2010.

PERRY, L.; DICKAU, R.; ZARRILLO, S.; HOLST, I.; PEARSALL, D. M. Starch fossils and the domestication and dispersal of chili peppers (*Capsicum* spp. L.) in the americas. **Science**, v.315, p.986–988, 2007.

PICKERSGILL, B. Genetic resources and breeding of *Capsicum* spp. **Euphytica**, v.96, p.129-133, 1997.

PINTO, C. M. F.; SILVA, D. J. H. Cultivo da Pimenta. **Informe Agropecuário**, v.27 n.235, 108p., 2006.

PINTO, C. M. F.; SANTOS, I. C.; PINTO, F. A. Cultivo da pimenta (*Capsicum* spp.). In: RÊGO, E. R.; FINGER, F. L.; RÊGO, M. M. (org). **Produção, Genética e Melhoramento de Pimentas (*Capsicum* spp.)**. 1 ed. Recife: Imprima, p.11-52, 2011.

POZZOBON, M.T.; SCHIFINO-WITTMAN, M.T.; BIANCHETTI, L.B. Chromosome numbers in wild and semidomesticated Brazilian *Capsicum* L. (Solanaceae) species: do $x = 12$ and $x = 13$ represent two evolutionary lines? **Botanical Journal of the Linnean Society**, v.151, p.259-269, 2006.

PURKAYASTHA, J.; ALAM, S. I.; GOGOI, H. K.; SINGH, L. (2012) *Capsicum assamicum* sp. nov. (Solanaceae), from Assam, northeastern India. **Ozean Journal of Applied Sciences**, v.5, n.1, p.55-66, 2012.

RAMCHIARY, N.; KEHIE, M.; BRAHMA, V.; KUMARIA, S.; TANDON, P. Application of genetics and genomics towards *Capsicum* translational research. **Plant Biotechnology Reports**, p.1-23, 2013.

RANGANATHAN, P.; JAGATHEESWARI, D. Chromosome studies on Garden pepper (*Capsicum frutescens* L.). **International Journal of Research in Botany**, v.3, n.1, p.1-3, 2013.

RAO, C. R. **An advanced statistical method in biometric research**. New York, 390p. 1952.

REGO, E. R.; REGO, M. M.; CRUZ, C. D.; CECON, P. R.; AMARAL, D. S. S. L.; FINGER, F. Genetic diversity analysis of peppers: a comparison of discarding variable methods. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**. Viçosa, v. 3, n. 1, p. 19-26, 2003.

RÊGO, E.R., RÊGO, M.M., FINGER, F.L., CRUZ, C.D., CASALI, V.W.D. A diallel study of yield components and fruit quality in chilli pepper (*Capsicum baccatum*). **Euphytica**, v.168, p.275-287, 2009.

REGO, E. R.; RÊGO, M. M.; SILVA, D. F.; CORTEZ, R. M.; SAPUCAY, M. J. L. C.; SILVA, D. R.; SILVA JUNIOR, S. J. Selection for leaf and plant size and longevity of ornamental peppers (*Capsicum* spp.) grown in greenhouse condition. **Acta Horticulturae**, v.829, p.371-375p. 2009a.

RÊGO, E. R.; SILVA, D. F.; RÊGO, M. M.; SANTOS, R. M. C.; SAPUCAY, M. J. L. C.; SILVA, D. R. Diversidade entre linhagens e importância de caracteres relacionados à longevidade em vaso de linhagens de pimenteiros ornamentais. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v.16, p.165-168, 2010.

RÊGO, E. R.; FINGER, L. F.; RÊGO, M. M. **Produção, Genética e Melhoramento de Pimentas (*Capsicum* spp.)**. Areia, Universidade Federal da Paraíba, 2011a. 223p.

RÊGO, E. R.; RÊGO, M. M.; MATOS, I. W. F.; BARBOSA, L. A. Morphological and chemical characterization of fruits of *Capsicum* spp. accessions. **Horticultura Brasileira**, v.29, 364-371p. 2011b.

RÊGO, E. R.; SANTOS, R. M. C.; RÊGO, M. M.; NASCIMENTO, M. F.; NASCIMENTO, N. F. F.; SILVA, A. M. Produção de mudas e disponibilização de cultivares de pimenteiras: sustentabilidade, inclusão social e geração de trabalho e renda nas comunidades de Macacos e Furnas no brejo paraibano. In: MIRANDA, V. C. M.; SOBRINHO, R. G. S.; RÊGO, E. R. (Eds.) **Sustentabilidade, Inclusão Social e Geração de Trabalho e Renda – Perspectivas de Extensão Universitária**. Areia, Universidade Federal da Paraíba, 2012b. p.11-30.

RÊGO, E. R.; RÊGO, M. M.; FINGER, F. L. Methodological Basis and Advances for Ornamental Pepper Breeding Program in Brazil. **Acta Horticulturae**, v.1, p.309-314p. 2015.

REIFSCHNEIDER, F. J. B. (Org.). **Capsicum: pimentas e pimentões no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2000. 133p.

RUFINO, J. L. S.; PENTEADO, D. C. S. Importância econômica, perspectivas e potencialidades do mercado para pimenta. **Informe Agropecuário**, p.07-15, 2006.

SILVA, L. L. **Heterose e capacidade de combinação em cruzamentos dialélicos parciais de pimentão**. 2002. 82p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

SPILLER, F.; ALVES, M. K.; VIEIRA, S. M.; CARVALHO, T. A.; LEITE, C. E.; LUNARDELLI, A.; POLONI, J. A.; CUNHA, F. Q.; OLIVEIRA, J. R. Anti-inflammatory effects of red pepper (*Capsicum baccatum*) on carrageenan and antigen-induced inflammation. **Journal of Pharmacy and Pharmacology**, v.60, n.4, p.473-478, 2008.

SUDRÉ, C.P.; RODRIGUES, R.; KARASAWA, M.; AMARAL JÚNIOR, A.T. Divergência genética entre acessos de pimenta e pimentão utilizando técnicas multivariadas. **Horticultura Brasileira** v. 23, n.1, p. 22-27, 2005.

SUDRÉ, C. P.; CRUZ, C. D.; RODRIGUES, R.; RIVA, E. M.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; SILVA, D. J. H.; PEREIRA, T. N. S. Variáveis multicategóricas na determinação da divergência genética entre acessos de pimenta e pimentão. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 1, p. 88-93, 2006.

SUDRÉ, C. P.; GONÇALVES, L. S. A.; RODRIGUES, R.; AMARAL JÚNIOR, A. T. do; RIVA-SOUZA, E. M.; BENTO, C. dos S. Genetic variability in domesticated *Capsicum* spp as assessed by morphological and agronomic data in mixed statistical analysis. **Genetics and Molecular Research**, v.9, n.1, p.283-294, 2010.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Revista Brasileira de Genética, 496p. 1992.

VIANA, A. P.; RESENDE, M. D. V. Genética quantitativa no melhoramento de fruteiras. Editora Intercedência, Rio de Janeiro, 1 ed. 2014.

WALSH, B. M.; HOOT, S. B. Phylogenetic relationships of *Capsicum* (Solanaceae) using DNA sequences from two noncoding regions: The chloroplast *atpB-rbcL* spacer region and nuclear *waxy* introns. **International Journal of Plant Sciences**, v.162, n.6, p.1409-1418, 2001.

YAMAMOTO, S.; NAWATA, E. *Capsicum frutescens* L. in southeast and east Asia, and its dispersal routes into Japan. **Economic Botany**, v.59, n.1, p.18-28, 2005.

Capítulo I

Caracterização morfoagronômica, diversidade genética e herdabilidade em genótipos de pimenteiras ornamentais (*Capsicum annuum* L.)

RESUMO

A ampla variabilidade genética presente no gênero *Capsicum* contribuiu para que a pimenteira seja explorada como espécie condimentar, medicinal e ornamental. A utilização como ornamental, motivo deste trabalho, se deve à diversidade de coloração presente nas folhas, flores e frutos. O conhecimento da variabilidade permite a seleção de genitores morfológicamente distantes e que produza maior efeito heterótico. Esse trabalho teve como objetivo caracterizar e avaliar a divergência genética e a herdabilidade das características morfoagronômicas de treze populações de pimenteiras ornamentais, sendo oito populações F₃ e cinco testemunhas adicionais. O trabalho foi realizado em casa de vegetação. Cinquenta plantas de cada população F₃ e dez de cada testemunha foram distribuídas em delineamento experimental inteiramente casualizado, e avaliadas em dois anos seguidos. Foram avaliados 16 descritores morfológicos, sendo seis de planta e dez de fruto. A análise de variância foi realizada com os dados das testemunhas e usou-se o quadrado médio do resíduo para se realizar o teste de comparação de médias. Os genótipos foram agrupados de acordo com os critérios de Scott-Knott ($P \leq 0,05$). A interação só não foi significativa para a altura da primeira bifurcação e número de sementes por fruto. A herdabilidade variou de 91,18% (diâmetro do caule) a 99,97% (maior diâmetro do fruto), para o primeiro período de avaliação, e de 85,75% (teor de matéria seca) a 99,65% (maior diâmetro do fruto), para o segundo período. Esses valores indicam a possibilidade de sucesso com a seleção. A relação entre o coeficiente de variação genética pelo coeficiente de variação ambiental apresentou valores superiores a um para todas as características, com exceção para diâmetro do caule, relação entre o comprimento e o diâmetro do fruto e teor de matéria seca. Somente as características comprimento do fruto, maior diâmetro do fruto, menor diâmetro do fruto e espessura do pericarpo apresentaram uniformidade. A população P-3 foi a que apresentou as menores médias para a altura da planta e diâmetro da copa, sendo a mais recomendada para uso ornamental.

Palavras-chave: heterose em pimenta, variabilidade genética, recursos genéticos

ABSTRACT

Morphoagronomic and heritability among genotypes of ornamental peppers (*Capsicum annuum* L.)

The wide genetic variability in the *Capsicum* genus contributes to the pepper is operated as a species spice, medicinal and ornamental. The use as ornamental reason for this work, this is due to the diversity staining on leaves, flowers and fruits. Knowledge of the variability allows selection of morphologically distant parents and more heterotic effect. This study aimed to characterize and evaluate the genetic divergence and the heritability of agronomic characteristics in eight families F3 and five witnesses homozygous. The study was conducted in a greenhouse. Fifty plants of each F3 family and ten of each witness (five witnesses) were distributed in a completely randomized design with two factors (Families x year). We evaluated 16 morphological descriptors, with 6 plant and 10 fruit. Analysis of variance was performed with data from witnesses and used the mean square to perform mean comparison test. The genotypes were grouped according to the criteria of Scoot-knot ($p \leq 0.05$). The interaction was not significant only to the height of the first fork and number of seeds per fruit. The heritability ranged from 91.18% (stem diameter) to 99.97% (greater fruit diameter), for the first evaluation period, and 85.75% (dry matter content) to 99.65% (greater fruit diameter), for the second period. These values indicate the possibility of successful selection. The relationship between genetic variation coefficient by the environmental change coefficient showed values in excess of one for all characteristics except for stem diameter ratio between the length and the diameter of the fruit and dry matter content. Only the characteristic length of the fruit, the fruit larger diameter, minor diameter and thickness of the fruit pericarp was uniform. The family 3 presented the smaller medium for plant height and crown diameter.

Keywords: heterosis in pepper, genetic variability, genetic resources

INTRODUÇÃO

A pimenteira pertence à família Solanaceae, ao gênero *Capsicum*, tem origem nas Américas Central e do Sul, mas está presente em áreas de cultivo de todas as regiões tropicais e temperadas (ESHBAUGH, 1993; POZZOBON *et al.*, 2005). O Brasil é um importante centro de diversidade desse gênero, pois aqui se encontram espécies domesticadas, semidomesticadas e silvestres, em todas as regiões do país (CARVALHO *et al.*, 2003).

A ampla diversidade presente nesse gênero contribui para que os frutos da pimenteira sejam apreciados pelas cozinhas regionais de todo o mundo, devido a características como: sabor, pungência e, principalmente, devido às propriedades nutraceuticas. São tidos como estimulantes de apetite, e como excelente fonte de substâncias antioxidantes tais como: vitaminas C e E, e carotenóides com propriedades medicinais responsáveis pela prevenção de câncer e de doenças cardíacas (SALEHI, 2006, RÊGO *et al.*, 2009b).

O cultivo de espécies condimentares, medicinais e ornamentais em pequenos espaços domésticos tem sido uma alternativa frequentemente adotada pelos habitantes das grandes cidades, com a finalidade de decorar, bem como de consumir algumas hortaliças e ervas finas frescas, além de exercer um papel de ocupação terapêutica no combate ao stress. Quando utilizadas como ornamentais, as pimenteiras devem ser compactas, de pequeno porte e curta fase vegetativa, com frutos coloridos e eretos (RÊGO *et al.*, 2009, 2012a).

Devido à procura por plantas de menor porte e que se adaptem bem aos ambientes domésticos, o mercado tem exigido das empresas privadas e das instituições públicas de pesquisa e ensino, o desenvolvimento de cultivares que atendam a essa necessidade. Assim, o uso das pimenteiras como plantas ornamentais tem se destacado, pois além da divergência genética contribuir com os genótipos que apresentam porte mais baixo, as plantas formam um conjunto harmonioso com o vaso, e com isso torna essa espécie atrativa em função da coloração diversificada presente nas folhas, flores e frutos (RÊGO *et al.*, 2009; FINGER *et al.*, 2012).

Reifschneider (2000) ressalta que, apesar do crescimento da cadeia produtiva da pimenta, o melhoramento do gênero *Capsicum* no Brasil ainda não atingiu a relevância necessária. Para Finger *et al.* (2012), o fortalecimento da agricultura familiar tem contribuído positivamente para o aumento da área cultivada com pimenta no Brasil. Rêgo *et al.* (2012b), destacam que o desenvolvimento de novas cultivares de pimenteiras ornamentais favoreceu a geração de novos empregos, a fixação das famílias no campo e o aumento da renda familiar das agricultoras familiares do Estado da Paraíba.

Assim, são fundamentais os programas de melhoramento que possibilitem o desenvolvimento de cultivares com propósito ornamental e que apresentem características que confirmem resistência a pragas e doenças, maior durabilidade das plantas em vasos e tolerância a ambientes adversos, principalmente quando na presença do etileno (RÊGO *et al.*, 2011).

Para o bom andamento do programa de melhoramento é necessário o conhecimento da variabilidade genética existente nas populações e/ou genótipos conservados nos Bancos Ativos de Germoplasma (BAG), pois o estudo da diversidade genética, é essencial para o desenvolvimento de novos cultivares, porém a falta de documentação, descrição e avaliação dos materiais genéticos das coleções, limita a ação dos melhoristas (GEPTS, 2006).

Ao se conhecer a variabilidade é necessário saber qual a parte da variação fenotípica que pode ser herdada, assim como conhecimento de quanto da variação fenotípica é atribuída à variação genotípica é fundamental, uma vez que influenciará a próxima geração. Pois o principal objetivo de um programa de melhoramento genético é aumentar a frequência dos alelos favoráveis da característica que se deseja melhorar em uma população. Assim, o conhecimento da natureza do controle genético de um caráter é de grande importância para a condução eficiente de um programa de melhoramento, orientando na escolha do melhor procedimento de seleção e dos métodos de melhoramento mais eficientes na condução das populações segregantes (VENCOVSKY e BARRIGA, 1992; CRUZ e REGAZZI, 2012).

Estudos de parâmetros genéticos tais como: herdabilidade, variância genética aditiva e não aditiva e correlações são indispensáveis, por permitir o conhecimento da estrutura genética das populações para fins de seleção. A determinação da magnitude das estimativas de herdabilidade fornecem subsídios para definição de estratégias de seleção como também auxiliam a predição de ganhos obtidos (FEHR, 1987; CRUZ e CARNEIRO, 2004)

De acordo com Cruz (2005) o valor da herdabilidade pode variar entre 0 a 100% indicando maior similaridade da variação genética em relação a fenotípica quando este valor se aproxima de 100, o que caracteriza uma boa representação do valor genético pelo valor fenotípico.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivos caracterizar morfológicamente, e determinar a variabilidade entre as populações e testemunhas adicionais de pimenteiras ornamentais.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação do campus do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (CCA-UFPB), Areia – Paraíba, Brasil. Foram utilizadas treze populações de pimenteiras ornamentais, pertencentes ao banco de germoplasma de *Capsicum*, do Laboratório de Biotecnologia Vegetal do (CCA-UFPB), sendo oito populações segregante F₃ originadas a partir do cruzamento entre os acessos 134 e 77.2: F₂1 (P-1), F₂4 (P-2), F₂5 (P-3), F₂7 (P-4), F₂9 (P-5), F₂10 (P-6), F₂11 (P-7) e F₂31 (P-8), e cinco testemunhas adicionais, os acessos 134 (P-9), 77.2 (P-10), 10.1(P-11), 10.2 (P-12) e 10.3 (P-13). Na tabela 1 encontram-se características qualitativas dos genitores, F₁, F₂ e testemunhas.

As sementes das treze populações foram semeadas em bandejas de isopor de 200 células e trinta e cinco dias após o semeio, as plântulas foram transplantadas para vasos plásticos com capacidade volumétrica de 800 ml contendo substrato comercial Plantmax HT[®]. As plantas foram irrigadas diariamente e, em dias alternados, com solução nutritiva, elaborada com base em Furlani *et al.*, 1999, com a seguinte composição em g/1000 L: 1000 g de nitrato de cálcio; 1250 g de nitrato de potássio; 250 g de MKP; 500 g de sulfato de magnésio; 1,5 g de ácido bórico; 25 g quelatec AZ; 25 g de ultraferro; 110 g cloreto de potássio e 150 g de sulfato de potássio. O controle de pragas e doenças foi realizado de forma preventiva a intervalos de uma semana durante todo o ciclo da cultura.

O delineamento experimental empregado foi inteiramente casualizado (DIC), com testemunhas adicionais. A unidade experimental foi constituída por uma planta por vaso. Os tratamentos foram compostos de 405 genótipos, sendo 400 provenientes de oito populações F₃, cada uma com 50 plantas e cinco das médias de 5 testemunhas adicionais cada uma com dez repetições.

Em 2013, foi realizada avaliação dos 16 descritores morfológicos (6 de planta e 10 de fruto), propostos e recomendados para o Gênero *Capsicum* pelo *International Plant Genetic Resources Institute* (IPGRI, 1995) e mensuradas, em centímetros, as seguintes características: nas plantas: AP – altura da planta, DDC - Diâmetro da copa, APB - altura da primeira bifurcação, DCL - diâmetro do caule, CFL - comprimento da folha e LDF - largura da folha.

Nos frutos avaliaram-se em centímetros, as características: CFR – comprimento do fruto, MADF – maior diâmetro do fruto, MEDF – menor diâmetro do fruto, CP – comprimento do pedúnculo, EP – espessura do pericarpo, CPL – comprimento da placenta.

Foram mensurados ainda: CD - relação comprimento/diâmetro de fruto, adimensional, além do PFR – peso do fruto (grama) e TMS – teor de matéria seca (percentual), e NSF – número de sementes por fruto.

Em 2014, de igual modo, avaliaram-se todas as características aferidas em 2013. Visando a caracterização morfológica e estudo dos parâmetros: herdabilidade, relação entre o coeficiente de variação genética e ambiental e o coeficiente de variação experimental em ambos períodos de avaliação.

Com as cinco testemunhas adicionais foi realizada a análise da variância (ANOVA) em esquema fatorial (Genótipos x Anos), com 10 repetições. O quadrado médio do erro foi estimado e utilizado em seguida para se realizar a comparação entre as médias das plantas das oito populações F₃ com as médias das cinco populações utilizadas como testemunhas adicionais. As médias dos indivíduos das treze populações foram agrupadas de acordo com os critérios de Scott-Knott ($P \leq 0,05$). Todas as análises foram realizadas pelo *software* GENES (CRUZ, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado da análise de variância revelou a existência de interação ($P \leq 0,01$) entre os fatores para todas as características avaliadas, exceto para a APB e NSF, ou seja essas características não variaram em função do período de avaliação (dados não mostrados). A APB e NSF apresentaram os seguintes valores para: número de grupos 16 e 5; médias de 10,28 e 52,81 e herdabilidade de 99,51 e 94,44, respectivamente.

Para as características que apresentaram significância, esse fato indica que a variabilidade genética dependeu do ano avaliado, ressaltando a necessidade de estudos de diversidade genética entre e dentro das populações de pimenteiras ornamentais em diferentes anos.

Büttow *et al.* (2010), Neitzke *et al.* (2010), Rêgo *et al.* (2011a), Nascimento *et al.* (2012) e Silva Neto *et al.* (2014) trabalhando com pimenteiras do gênero *Capsicum* também encontraram variabilidade em características morfoagronômicas, o que demonstra a necessidade de estudos genéticos mais aprofundados para as espécies desse gênero, visando uma maior exploração da variabilidade, pois, segundo Rêgo *et al.* (2011b) o conhecimento dessa variabilidade é importante para preservar os recursos genéticos desse gênero.

A Tabela 2, contém os resultados obtidos com o agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade, os números de grupos, médias, amplitude e herdabilidade (h^2 %), para os dois

períodos de avaliação, e ainda a relação entre o coeficiente de variação genética e o coeficiente de variação ambiental (C_{vg}/C_{ve}), além do coeficiente de variação experimental (CV), para as 16 características avaliadas.

Para o primeiro ano de avaliação, as características responsáveis pela maior parte da variação foram a LDF, por apresentar o maior número de grupos formados, evidenciando 17 grupos distintos, seguida da relação CD (15 grupos), TMS (14 grupos) e do CFL (12 grupos) (Tabela 2).

No segundo ano, foram determinantes as características relativas à planta, sendo o DDC (15), CFL (13), LDF (12) e o DCL (11). Em relação às variáveis de fruto, as que mais variaram foram a relação CD e o TMS que formaram 12 grupos (Tabela 2).

Essa diversidade apresentada pelas características ligadas à morfologia da planta é importante em um programa de melhoramento que vise o desenvolvimento de cultivares com porte ornamental pois, em pimenteiras ornamentais, plantas de menor porte, com boa relação entre altura da planta e diâmetro da copa, quando apresentam folhas pequenas se harmonizam melhor com frutos pequenos e quando apresentam folhas grandes se harmonizam melhor com frutos maiores. Esse conjunto de características é o que torna as plantas mais atrativas aos olhos do consumidor (RÊGO *et al.*, 2010b; PINTO *et al.*, 2010).

As características ligadas ao fruto (CFR, MADF, MEDF e EP) não apresentaram variação, tanto para o primeiro quanto para o segundo ano, à exceção da EP, que formou 5 grupos no segundo ano. Este resultado demonstra a uniformidade presente para as características relativas ao fruto entre e dentro das populações estudadas, sugerindo-se que não seja praticada a seleção com base nessas características. Provavelmente, estas populações devem apresentar uma maior estabilidade e adaptabilidade para as características quantitativas ligadas ao fruto.

A herdabilidade ficou acima de 91,18% para o DCL, no primeiro ano de avaliação, e 85,75% para o TMS (%), no segundo ano. Rêgo *et al.* (2011c), Nascimento *et al.* (2012) e Silva Neto *et al.* (2014), avaliando características quantitativas de pimenteiras ornamentais, também encontraram elevados valores de herdabilidade, os quais indicam a possibilidade de sucesso com a seleção, uma vez que refletem a proporção dos valores fenotípicos que representam os valores genotípicos. É importante ressaltar que a herdabilidade é uma propriedade do caráter, sendo válida apenas para a população e as condições ambientais a que os indivíduos foram submetidos (RAMALHO *et al.*, 2000; CRUZ e REGAZZI, 2004).

A relação entre o coeficiente de variação genética e o coeficiente de variação ambiental (C_{vg}/C_{ve}) foi superior a 1,0 para todas as características avaliadas, com exceção

para o DCL (0,98) e TMS (0,77), respectivamente para o primeiro e segundo ano de avaliação. Segundo Vencovsky (1987), existe uma situação muito favorável para a obtenção de ganhos na seleção, quando a relação Cvg/Cve supera a unidade, o que se caracteriza quando a variação genética supera a variação ambiental. Rêgo *et al.* (2010) trabalhado com *Capsicum baccatum* e Nascimento *et al.* (2012) com uma geração segregante F₂ de *C. annuum*, também encontraram para as mesmas características valores acima de 1,0.

Os coeficientes de variação (CV) experimental variaram no primeiro ano de avaliação de 3,75% (CFL) a 16,92% (PFR) e no segundo de 4,05% (CFL) a 16,79% (PFR) sendo, portanto, considerados satisfatórios, já que foram observadas diferenças significativas entre os genótipos avaliados (Tabela 2). De acordo com Silva *et al.* (2011) os valores do CV variam de acordo com as características, genótipos e espécies.

As tabelas 3 e 4 mostram a média, o desvio padrão e a amplitude para as 16 características nas 13 populações de pimenteiras ornamentais (*Capsicum annuum* L.), para o primeiro e o segundo anos de avaliação, respectivamente.

Na tabela 3, pode-se observar que a população P-3 apresentou as menores médias para a AP (16,77), DDC (15,53), DCL (0,53) e CFL (3,45), com amplitude variando de (13,50 a 21,50), (13,00 a 18,00), (0,48 a 0,60) e (3,03 a 3,80), e o desvio padrão de 1,80, 1,19, 0,03 e 0,20, respectivamente. No segundo ano, esta população manteve-se com as menores médias apenas para a AP e DDC, sendo as demais características influenciadas pelo fator ano (Tabela 4).

No que diz respeito ao DDC, no primeiro ano de avaliação, os menores valores foram observados para as populações P-1, P-3 e P-4 (Tabela 3) e, no segundo, para as populações P-2, P-3 e P-9 (Tabela 4). Esses resultados possibilitam seleção de genótipos dentro da população P-3, para fins de uso ornamental, por possuírem duas características fundamentais para a escolha de uma planta ornamental, porte baixo e menor diâmetro de copa, uma vez que a qualidade de uma pimenteira ornamental é definida pela harmonia existente entre a arquitetura da planta e o tamanho do vaso, devendo a altura da planta e o diâmetro da copa ser 1,5 a 2 vezes maior que o tamanho do vaso (BARBOSA *et al.*, 2002; BARROSO *et al.*, 2012).

Como a população P-10 apresentou a maior média para a altura da planta, recomenda-se descartá-la, já que se objetiva selecionar plantas que apresentem harmonia entre a altura da planta, o diâmetro da copa e as dimensões do vaso. Pois, segundo Neitzke *et al.*, (2010) as plantas de pequeno porte são preferíveis para serem cultivadas em recipientes pequenos (NEITZKE *et al.*, 2010).

A altura da primeira bifurcação teve as menores e maiores médias alcançadas respectivamente pelas populações P-4 e P-10, não variando com o fator ano. Essa característica é importante em um programa de melhoramento que vise plantas com porte ornamental, assim em populações segregantes deve-se selecionar as plantas mais baixas dentro das populações que tiveram as menores médias para essa característica, com a finalidade de se avançar gerações. Ferreira *et al.* (2015) enfatizam que os genótipos mais baixos devem ser utilizado como genitores para obtenção de descendentes de pequeno porte e que a altura da primeira bifurcação está relacionada com a altura da planta, justificando-se assim a importância dessa característica para seleção de indivíduos em geração segregante.

No primeiro ano de avaliação, a população P-3 apresentou as menores médias para diâmetro do caule, enquanto a população P-6 apresentou a maior média (Tabela 3). No segundo ano, a população P-7 obteve a menor média, enquanto as populações P-12 e P-13 apresentaram as maiores médias para esta característica (Tabela 4). O DCL deve ser levado em conta na seleção, pois plantas com maiores diâmetros de caule terão porte mais estruturado, evitando o tombamento. Os valores médios para o diâmetro do caule apresentados nas tabelas 3 e 4, são semelhantes aos encontrados por Silva Neto *et al.* (2014) em geração segregante F₂ de pimenteira ornamental.

Nas tabelas 3 e 4, pode-se observar que as populações com as menores médias para o CFL foram as P-3 e P-8 e, para LDF, as populações P-6 e P-3. Como a população P-3 apresentou baixos valores para ambas características, pode-se então selecionar dentro desta população para avanço de geração, plantas com menores valores nestas características. As características de dimensões da folha, em conjunto com o porte baixo, são importantes para as plantas ornamentais pois contribuem para uma maior harmonia da planta, já que folhas menores possibilitam melhor visualização de flores e frutos (Rego *et al.*, 2009, 2012a).

Por outro lado, a população P-12 se destacou por apresentar as maiores médias para ambas características, como também para o PFR. Rêgo *et al.* (2015), estudando dez acessos de pimenteiras detectaram a existência de correlação positiva entre características de fruto e de folha. A seleção neste caso deve atender aos objetivos do programa de melhoramento que pode ser de selecionar plantas com folhas e frutos pequeno e/ou plantas com folhas e frutos grande.

Em relação às características relacionadas ao fruto, pode-se destacar a população P-8 por apresentar as menores médias para (CFR, C/D, CP e CPL) e (CFR, CP e CPL) para o primeiro e segundo ano de avaliação, respectivamente (Tabelas 3 e 4). Quanto às características MADF e MEDF, as populações P-10 (0,58 a 0,77) e P-12 (2,13 a 2,45)

alcançaram as menores e maiores médias, respectivamente. Porém, esse comportamento não se repetiu para o segundo período de avaliação (Tabela 3 e 4). Rêgo *et al.* (2015), estudando 10 acessos de pimenteiras constatou a existência de correlação positiva entre estas características de fruto com as de folha.

Observou-se a presença de diversidade genética entre as populações estudadas e acessos, sendo o comportamento das características avaliadas influenciado pelo fator ano, exceto para as variáveis APB e NSF.

Os resultados mostram que a população P-3 apresenta características morfológicas com potencial de uso como ornamental, sendo possível selecionar plantas dentro desta população, com porte baixo e frutos pequenos, para avançar gerações segregantes.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, R. I.; LUZ, F. J. F.; NASCIMENTO-FILHO, H. R.; MADURO, C. B. *Capsicum* peppers cultivated in Roraima, Brazilian Amazonia. I. Domestic species. **Acta Amazônica**, v.32, p.177-132, 2002.

BARROSO, P. A.; RÊGO, E. R.; RÊGO, M. M.; NASCIMENTO, K. S.; NASCIMENTO, N. F. F.; NASCIMENTO, M. F.; SOARES, W. S.; FERREIRA, K. T. C. ; OTONI, W. C. Analysis of segregating generation for components of seedling and plant height of pepper (*Capsicum annuum* L.) for medicinal and ornamental purposes. **Acta Horticulturae**, v.953, p.269-276, 2012.

BÜTTOW, M. V.; BARBIERI, R.L.; NEITZKE, R.S.; HEIDEN, G.; CARVALHO, F.I.F. Diversidade genética entre acessos de pimentas e pimentões da Embrapa Clima Temperado. **Ciência Rural**, v.40, p.1264-1269, 2010.

CARVALHO, S. I. C.; BIANCHETTI, L. De B.; BUSTAMANTE, P. G.; SILVA, D. B. **Catálogo de germoplasma de pimentas e pimentões (*Capsicum* spp.) da Embrapa Hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2003. 49 p.

CRUZ, C. D. **Programa Genes** – Diversidade Genética. Viçosa, UFV, .2008. 278p.

CRUZ, C. D. **Princípios da genética quantitativa**. Viçosa, MG: UFV, 394p

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006. v.2, 585p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: Imprensa Universitária, 2004. 480 p.

ESHBAUGH, W. H. (1993). History and exploitation of a serendipitous new crop discovery, In: JANICK, J.; SIMON, J.E. (Eds.). **New crops**. New York: John Wiley & Sons, 1993. p.132-139.

FEHR, W. R. **Principles of cultivar development**. New York. MacMillan, 525p, 1987.

FERREIRA, K. T. C.; RÊGO, E. R.; RÊGO, M. M.; FORTUNATO, F. L. G.; NASCIMENTO, N. F. F.; LIMA, J. A. M. Combining Ability for Morpho-Agronomic Traits in Ornamental Pepper. **Acta Horticulture**, v.1087, p.187-194. 2015.

FINGER, F. L.; RÊGO, E. R.; SEGATTO, F. B.; NASCIMENTO, N. F. F.; RÊGO, M. M. Produção e potencial de mercado para pimenta ornamental. **Informe Agropecuário**, v.33, p.14-20, 2012.

GEPTS, P. Plant genetic resources conservation and utilization: the accomplishments and future of a societal insurance policy. **Crop Science**, v.46, p.2278-2296, 2006.

GONÇALVES, L. S.; RODRIGUES, R.; AMARAL JUNIOR, A.T.; KARASAWA, M. Comparison of multivariate statistical algorithms to cluster tomato heirloom accessions. **Genetics and Molecular Research**, v.7, p.1289-1297, 2008.

INTERNATIONAL PLANT GENETIC RESOURCES INSTITUTE. **Descriptors for Capsicum (Capsicum spp.)**. Rome, 1995. 49p.

NASCIMENTO, N. F. F.; RÊGO, E. R.; NASCIMENTO, M. F.; FINGER, F. L.; BRUCKNER, C. H.; SILVA NETO, J. J.; RÊGO, M. M. Heritability and variability of morphological traits in a segregating generation of ornamental pepper. **Acta Horticulturae**, v.953, p.299-304, 2012.

NEITZKE, R. S.; BARBIERI, R. L.; RODRIGUES, W. F.; CORRÊA, I. V.; CARVALHO, F. I. F. Dissimilaridade genética entre acessos de pimenta com potencial ornamental. **Horticultura Brasileira** v.28, p.47-53, 2010.

PINTO, C. M. F.; BARBOSA, J. M.; MESQUITA D. Z.; OLIVEIRA, F.; MAPELI A. M.; SEGATTO F. B.; BARBOSA, J. G. Produção e qualidade de pimentas ornamentais comestíveis cultivadas em recipientes de diferentes volumes. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**. V.16, n.1, 2010, 113-122

POZZOBON, M. T.; SCHIFINO-WITTMANN, M. T.; BIANCHETTI, L. D. B. Chromosome numbers in wild and semidomesticated Brazilian *Capsicum* L. (*Solanaceae*) species: do $x = 12$ and $x = 13$ represent two evolutionary lines? *Botanical Journal of the Linnean Society*, v.151, n.2, p.259-269, 2005.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. ; PINTO, C. A. B. P. **Genética na agropecuária**. Lavras: UFLA. 2000. 472 p.

RÊGO, E. R.; FINGER, F. L.; CRUZ, C. D.; RÊGO, M.M. Caracterização, diversidade e estimação de parâmetros genéticos em pimenteiras (*Capsicum* spp.). In: ENCONTRO NACIONAL DO AGRONEGÓCIO PIMENTAS (*Capsicum* spp.), 2., Brasília, 2006. **Anais...** 2006.

RÊGO, E.R.; RÊGO, M.M.; CRUZ, C.D.; FINGER, F.L.; CASALI, V.W.D. A diallel study of yield components and fruit quality in chilli pepper (*Capsicum baccatum*). **Euphytica**, v.168, p.275–287, 2009.

RÊGO, E. R.; RÊGO, M. M.; SILVA, D. F.; CORTEZ, R. M.; SAPUCAY, M. J. L. C.; SILVA, D. R.; SILVA JUNIOR, S. J. Selection for leaf and plant size and longevity of ornamental peppers (*Capsicum* spp.) grown in greenhouse condition. **Acta Horticulturae** 829: 371-375. 2009b.

RÊGO, E. R.; SILVA, D. F.; RÊGO, M. M.; SANTOS, R. M. C.; SAPUCAY, M. J. L. C.; SILVA, D. R. Diversidade entre linhagens e importância de caracteres relacionados à longevidade em vaso de linhagens de pimenteiros ornamentais. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental** . v.16, n.2, p. 165-168, 2011.

RÊGO, E. R.; FINGER, L. F.; RÊGO, M. M. Produção, genética e melhoramento de Pimentas (*Capsicum spp.*). Areia, Universidade Federal da Paraíba. 2011a. 223p.

RÊGO, E. R.; SANTOS, R. M. C.; RÊGO, M. M.; NASCIMENTO, M. F.; NASCIMENTO, N. F. F.; SILVA, A. M. Produção de mudas e disponibilização de cultivares de pimenteiros: sustentabilidade, inclusão social e geração de trabalho e renda nas comunidades de Macacos e Furnas no brejo paraibano. In: MIRANDA, V. C. M.; SOBRINHO, R. G. S.; RÊGO, E. R. (Eds.) Sustentabilidade, Inclusão Social e Geração de Trabalho e Renda – Perspectivas de Extensão Universitária. Areia, Universidade Federal da Paraíba, 2012b. p.11-30.

RÊGO, M. M.; SAPUCAY, M. J. L. C.; RÊGO, E. R.; ARAÚJO, E. R. Analysis of Divergence and Correlation of Quantitative Traits in Ornamental Pepper (*Capsicum spp.*). **Acta Horticulture**, v.1087, p.389-394, 2015.

REIFSCHNEIDER, F. J. B. (Org.). **Capsicum: pimentas e pimentões no Brasil**. Brasília, DF:EMBRAPA Hortaliças, 2000. 133p.

SALEHI SURMAGHI, M. H. **Medicinal plants and Phytotherapy**. Donyaee Taghzieh (In Farsi) 2006. V.1.

SILVA, A. R.; CECON, P. R.; RÊGO, E. R.; NASCIMENTO, M. Evaluation of the experimental coefficient of variation of pepper traits. **Revista Ceres** v.58, p.168-171, 2010.

SILVA NETO, J. J.; RÊGO, E. R.; NASCIMENTO, M. F.; SILVA FILHO, V. A. L.; ALMEIDA NETO, J. X.; RÊGO, M. M. Variabilidade em população base de pimenteiros ornamentais (*Capsicum annuum L.*). **Revista Ceres**, v.61, n.1, p. 84-89, 2014.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: Paterniani, E. (Ed.) **Melhoramento e produção de milho no Brasil**. Piracicaba: Fundação Cargill, 1987. p.135-214.

Tabela 1. Descrição de cinco características qualitativas dos genitores, F₁, F₂ e testemunhas de pimenteiras ornamentais (*Capsicum annuum*).

Genótipos	CDC	PCL	FCL	CAN	CDF
P-10 (Ac 77.2)	Verde com estrias roxas	Intermediária	Angular	Roxo	Variegada
P-9 (Ac 134)	Verde	Intermediária	Angular	Roxo escuro	Verde
F1 134 x 77.2	Verde com estrias roxas	Intermediária	Angular	Roxo	Variegada
P-1 (F₂1)	Verde com estrias roxas	Densa	Angular	Roxo	Verde
P-2 (F₂4)	Verde com estrias roxas	Intermediária	Angular	Roxo	Verde
P-3 (F₂5)	Verde com estrias roxas	Intermediária	Angular	Roxo	Verde
P-4 (F₂7)	Verde com estrias roxas	Intermediária	Angular	Roxo	Verde escuro
P-5 (F₂9)	Verde com estrias roxas	Densa	Angular	Roxo escuro	Verde escuro
P-6 (F₂10)	Verde com estrias roxas	Intermediária	Angular	Roxo	Variegada
P-7 (F₂11)	Verde com estrias roxas	Densa	Angular	Roxo claro	Verde
P-8 (F₂31)	Verde com estrias roxas	Densa	Angular	Roxo escuro	Variegada
P-11 (Ac 10.1)	Verde	Intermediária	Angular	Ausente	Verde
P-12 (Ac 10.2)	Verde	Intermediária	Angular	Ausente	Verde
P-13 (Ac 10.3)	Verde	Intermediária	Angular	Ausente	Verde

CDC-cor do caule; PCL-pubescência do caule; FCL-forma do caule; CAN- cor da antocianina do nó;CDF- cor da folha

Tabela 2. Número de grupos, média, amplitude e herdabilidade para características morfoagronômicas de pimenteira, que apresentaram interação entre os fatores. Areia – Paraíba – Brasil, UFPB, 2015.

Características	ANO 2013						ANO 2014					
	Nº de grupos	Média	Amplitude	h ² (%)	Cvg/Cve	CV	Nº de grupos	Média	Amplitude	h ² (%)	Cvg/Cve	CV
AP (cm)	7	26,43	12,0 - 38,9	98,33	2,43	11,14	8	34,73	19,00 – 53,00	96,62	1,69	12,77
DDC (cm)	7	27,98	13,00 - 33,65	94,97	1,37	10,48	15	42,21	19,00– 52,50	98,20	2,33	6,68
DCL (cm)	9	0,70	0,48 – 1,50	91,18	0,98	8,74	11	1,11	0,51 – 1,64	96,02	1,59	10,27
CFL (cm)	12	6,86	2,83 – 7,72	99,10	3,32	4,08	13	5,84	1,43 – 6,88	99,40	4,09	4,05
LDF (cm)	17	2,10	0,87 – 2,60	99,69	5,68	3,75	12	1,83	0,80 – 2,27	99,45	4,26	6,31
PFR (g)	4	3,92	0,24 – 6,57	99,38	4,00	16,92	3	2,78	0,20 – 4,67	99,47	4,34	16,79
CFR (cm)	1	2,99	0,73 – 4,00	99,73	6,11	7,73	1	2,56	0,83 – 3,28	99,43	4,16	8,04
MADF (cm)	1	1,69	0,52 – 2,30	99,78	6,76	6,43	1	1,72	0,65 – 1,98	99,65	5,29	6,95
MEDF (cm)	1	1,02	0,35 – 1,60	99,83	7,78	6,29	1	0,89	0,29 – 1,26	99,44	4,24	8,91
C/D (adm.)	15	1,78	0,91 – 2,81	95,56	1,47	7,06	12	1,71	0,16 – 2,12	90,94	1,00	7,69
CP (cm)	12	2,53	1,11 – 3,10	98,40	2,48	6,39	8	2,24	1,49 – 2,53	97,02	1,80	6,73
EP (cm)	1	0,19	0,06 – 0,25	99,62	5,10	6,19	5	0,16	0,02 – 0,19	99,07	3,31	8,79
CPL (cm)	10	2,08	0,47 – 2,84	99,51	4,50	8,57	1	1,74	0,48 – 2,27	99,33	3,85	9,13
TMS (%)	14	12,43	3,61 – 26,32	94,68	1,33	15,82	12	16,04	7,59 – 30,56	85,75	0,77	10,72

AP – altura da planta, DDC - Diâmetro da copa, DCL - diâmetro do caule, CFL - comprimento da folha, LDF - largura da folha, PFR – peso do fruto, CFR – comprimento do fruto, MADF – maior diâmetro do fruto, MEDF – menor diâmetro do fruto, CD - relação comprimento/diâmetro de fruto, CP – comprimento do pedúnculo, EP – espessura do pericarpo, CPL – comprimento da placenta e TMS – teor de matéria seca.

Tabela 3. Valores de média(\bar{x}), desvio padrão (σ) e amplitude (A) das 16 características para as 13 populações de pimenteiras ornamentais (*Capsicum annuum*), para o primeiro ano de avaliação, Areia – Paraíba – Brasil, UFPB, 2015.

Pop.	¹	² Características							
		AP (cm)	DDC (cm)	APB (cm)	DCL (cm)	CFL (cm)	LDF (cm)	PFR (g)	CFR (cm)
P-1	\bar{x}	18,62	16,5	8,51	0,6946	4,6682	1,8674	0,64	1,7048
	σ	3,54	1,90	1,24	0,06	0,43	0,19	0,19	0,29
	\bar{A}	13,00 - 30,50	13,00 - 25,00	4,00 - 11,00	0,53 - 0,85	3,95 - 5,82	1,60 - 2,60	0,33 - 1,28	1,11 - 2,91
P-2	\bar{x}	16,89	16,64	8,72	0,54	4,39	1,80	0,67	1,73
	σ	3,32	1,27	1,28	0,02	0,45	0,17	0,13	0,19
	\bar{A}	12,00 - 27,00	13,50 - 19,50	7,00 - 13,50	0,50 - 0,60	3,20 - 5,33	1,47 - 2,30	0,37 - 1,00	1,40 - 2,30
P-3	\bar{x}	16,77	15,53	8,22	0,53	3,45	1,09	0,60	1,32
	σ	1,80	1,19	0,88	0,03	0,20	0,06	0,12	0,16
	\bar{A}	13,50 - 21,50	13,00 - 18,00	5,50 - 10,50	0,48 - 0,60	3,03 - 3,80	0,97 - 1,23	0,36 - 0,94	1,09 - 1,75
P-4	\bar{x}	18,54	15,62	6,80	0,54	4,86	1,49	0,84	1,65
	σ	4,57	1,43	1,23	0,06	0,44	0,10	0,17	0,25
	\bar{A}	13,50 - 33,00	13,00 - 19,50	5,00 - 9,00	0,48 - 0,81	4,13 - 5,77	1,23 - 1,70	0,54 - 1,20	1,15 - 1,99
P-5	\bar{x}	18,41	30,13	8,74	0,98	3,86	1,14	0,67	1,51
	σ	2,02	1,33	1,97	0,13	0,24	0,10	0,16	0,16
	\bar{A}	15,00 - 22,00	26,00 - 32,00	6,00 - 17,00	0,80 - 1,50	3,43 - 4,23	0,97 - 1,33	0,38 - 1,13	1,07 - 1,85
P-6	\bar{x}	20,33	22,54	12,06	0,99	3,54	0,97	0,40	1,21
	σ	1,75	1,64	1,67	0,10	0,26	0,05	0,08	0,12
	\bar{A}	15,00 - 23,00	17,00 - 25,00	7,00 - 18,50	0,78 - 1,19	3,10 - 3,90	0,87 - 1,03	0,27 - 0,63	0,97 - 1,48
P-7	\bar{x}	18,01	16,68	8,72	0,54	4,07	1,33	0,62	1,52
	σ	1,74	1,24	1,28	0,02	0,32	0,17	0,11	0,14
	\bar{A}	15,50 - 24,00	13,50 - 19,50	7,00 - 13,50	0,50 - 0,60	3,00 - 4,77	1,13 - 2,37	0,36 - 0,86	1,16 - 1,84
P-8	\bar{x}	28,88	28,42	13,20	0,92	3,69	1,12	0,33	0,99
	σ	2,13	1,46	1,65	0,08	0,32	0,11	0,07	0,14
	\bar{A}	25,00 - 34,00	23,00 - 31,00	10,00 - 17,00	0,80 - 1,10	2,83 - 4,47	0,87 - 1,50	0,24 - 0,56	0,73 - 1,32
P-9	\bar{x}	22,90	28,35	9,20	0,64	5,37	1,41	2,06	2,16
	σ	1,20	1,67	0,35	0,03	0,23	0,10	0,05	0,08
	\bar{A}	21,00 - 25,00	25,50 - 31,00	9,00 - 10,00	0,56 - 0,66	4,93 - 5,83	1,17 - 1,57	2,01 - 2,16	2,06 - 2,30
P-10	\bar{x}	38,90	24,80	18,20	0,68	6,18	1,65	0,32	1,20
	σ	5,59	1,87	1,62	0,10	0,31	0,10	0,07	0,15
	\bar{A}	32,00 - 46,00	22,00 - 28,00	15,00 - 20,50	0,55 - 0,93	5,53 - 6,60	1,47 - 1,77	0,24 - 0,44	1,04 - 1,49
P-11	\bar{x}	22,30	23,20	7,50	0,65	7,45	2,42	5,85	3,61
	σ	2,15	1,90	0,53	0,07	0,34	0,09	0,78	0,15
	\bar{A}	19,00 - 26,00	19,50 - 26,00	6,50 - 8,00	0,55 - 0,80	7,00 - 8,00	2,30 - 2,53	4,88 - 7,27	3,39 - 3,90
P-12	\bar{x}	21,65	29,90	8,35	0,81	7,72	2,55	6,57	3,97
	σ	2,33	3,96	0,85	0,06	0,30	0,06	1,04	0,23
	\bar{A}	19,00 - 25,00	20,00 - 34,00	7,00 - 10,00	0,71 - 0,90	7,17 - 8,17	2,43 - 2,63	5,06 - 8,05	3,68 - 4,37
P-13	\bar{x}	26,40	33,65	8,25	0,76	7,61	2,48	4,84	4,00
	σ	0,84	4,22	1,11	0,08	0,36	0,11	0,68	0,32
	\bar{A}	25,00 - 27,50	24,00 - 38,00	6,50 - 10,00	0,64 - 0,90	6,80 - 8,07	2,27 - 2,63	3,70 - 5,66	3,27 - 4,29

Continuação

Pop.	² Características							
	MADF (cm)	MEDF (cm)	C/D (adm.)	CP (cm)	EP (cm)	CPL (cm)	TMS (%)	NSF (cont.)
\bar{x}	0,8908	0,5234	1,926	1,9504	0,1172	1,1536	16,569	28,3794
P-1 σ	0,12	0,07	0,30	0,20	0,03	0,25	4,26	8,55
\bar{A}	0,69 - 1,15	0,37 - 0,65	1,26 - 2,65	1,56 - 2,63	0,06 - 0,18	0,62 - 1,74	4,23 - 26,32	9,67 - 50,00
\bar{x}	0,90	0,49	1,94	1,96	0,12	1,13	16,90	37,41
P-2 σ	0,08	0,06	0,26	0,19	0,01	0,19	3,54	7,36
\bar{A}	0,76 - 1,13	0,37 - 0,63	1,45 - 2,48	1,60 - 2,60	0,09 - 0,15	0,82 - 1,61	7,69 - 25,00	24,67 - 56,33
\bar{x}	0,95	0,59	1,39	2,17	0,12	0,86	16,00	37,58
P-3 σ	0,10	0,05	0,17	0,20	0,01	0,13	3,38	9,17
\bar{A}	0,79 - 1,39	0,48 - 0,69	1,00 - 1,88	1,81 - 2,58	0,10 - 0,16	0,66 - 1,24	7,69 - 21,78	19,67 - 60,33
\bar{x}	1,01	0,60	1,66	1,96	0,11	1,16	16,51	37,57
P-4 σ	0,11	0,08	0,29	0,22	0,02	0,25	3,95	6,96
\bar{A}	0,80 - 1,28	0,46 - 0,77	0,91 - 2,23	1,50 - 2,70	0,06 - 0,17	0,66 - 1,64	6,03 - 24,07	18,00 - 50,67
\bar{x}	0,95	0,46	1,60	2,08	0,12	0,98	16,01	34,14
P-5 σ	0,09	0,05	0,18	0,19	0,01	0,15	1,91	8,90
\bar{A}	0,75 - 1,12	0,36 - 0,61	1,13 - 1,97	1,65 - 2,49	0,09 - 0,15	0,60 - 1,30	11,84 - 20,88	17,00 - 52,33
\bar{x}	0,81	0,52	1,51	2,09	0,09	0,79	19,20	29,01
P-6 σ	0,07	0,05	0,17	0,20	0,01	0,10	1,44	6,46
\bar{A}	0,68 - 0,99	0,41 - 0,65	1,18 - 1,90	1,64 - 2,58	0,06 - 0,12	0,60 - 1,00	15,79 - 22,39	14,00 - 42,33
\bar{x}	0,85	0,52	1,81	2,23	0,11	0,94	15,68	37,41
P-7 σ	0,11	0,07	0,27	0,29	0,01	0,13	5,18	7,82
\bar{A}	0,52 - 1,01	0,35 - 0,71	1,46 - 2,81	1,48 - 2,76	0,07 - 0,14	0,59 - 1,33	7,22 - 25,93	18,33 - 56,67
\bar{x}	0,78	0,53	1,27	1,60	0,10	0,67	10,85	25,01
P-8 σ	0,07	0,10	0,19	0,23	0,02	0,10	7,37	6,06
\bar{A}	0,66 - 0,98	0,39 - 0,77	0,98 - 1,79	1,11 - 2,23	0,07 - 0,15	0,47 - 0,92	3,61 - 24,19	15,00 - 40,00
\bar{x}	1,22	0,59	1,77	2,09	0,15	1,76	11,01	45,20
P-9 σ	0,05	0,02	0,09	0,13	0,01	0,10	1,33	8,25
\bar{A}	1,15 - 1,31	0,57 - 0,62	1,63 - 1,96	1,92 - 2,31	0,13 - 0,16	1,50 - 1,83	9,49 - 14,12	25,33 - 55,67
\bar{x}	0,69	0,45	1,74	2,15	0,10	0,84	17,06	21,27
P-10 σ	0,06	0,03	0,15	0,17	0,00	0,14	3,75	7,06
\bar{A}	0,58 - 0,77	0,41 - 0,49	1,49 - 2,01	1,82 - 2,46	0,10 - 0,10	0,68 - 1,11	10,47 - 21,57	9,00 - 30,67
\bar{x}	2,29	1,27	1,58	2,65	0,24	2,42	10,81	74,03
P-11 σ	0,16	0,08	0,13	0,24	0,01	0,15	1,15	21,69
\bar{A}	2,13 - 2,54	1,17 - 1,39	1,38 - 1,83	2,33 - 3,16	0,23 - 0,27	2,14 - 2,70	9,54 - 13,42	48,00 - 113,33
\bar{x}	2,30	1,60	1,73	2,64	0,25	2,54	11,34	61,23
P-12 σ	0,13	0,10	0,07	0,14	0,02	0,19	0,82	16,40
\bar{A}	2,13 - 2,45	1,40 - 1,76	1,64 - 1,84	2,45 - 2,91	0,22 - 0,28	2,20 - 2,76	10,08 - 13,16	42,33 - 88,00
\bar{x}	1,93	1,21	2,07	3,10	0,19	2,84	11,93	62,30
P-13 σ	0,07	0,05	0,14	0,12	0,01	0,25	0,72	17,30
\bar{A}	1,82 - 2,03	1,12 - 1,29	1,80 - 2,24	2,98 - 3,38	0,18 - 0,21	2,22 - 3,10	10,81 - 12,99	38,67 - 92,33

¹ \bar{x} - média, σ - desvio padrão, \bar{A} - amplitude, ²AP - altura da planta, DDC - diâmetro da copa, APB - altura da primeira bifurcação, DCL - diâmetro do caule, CFL - comprimento da folha, LDF - largura da folha, CFR - comprimento do fruto, MADF - maior diâmetro do fruto, MEDF - menor diâmetro do fruto, CP - comprimento do pedúnculo, EP - espessura do pericarpo, CPL - comprimento da placenta, CD - relação comprimento/diâmetro de fruto, PFR - peso do fruto, TMS - teor de matéria seca, NSF - número de sementes por fruto.

Tabela 4. Valores de média(\bar{x}), desvio padrão (σ) e amplitude (A) das 16 características para as 13 populações de pimenteiras ornamentais (*Capsicum annuum*), para o segundo ano de avaliação, Areia – Paraíba – Brasil, UFPB, 2015.

Pop. ¹	² Características								
	AP (cm)	DDC (cm)	APB (cm)	DCL (cm)	CFL (cm)	LDF (cm)	PFR (g)	CFR (cm)	
P-1	\bar{x}	26,25	41,60	8,95	1,10	4,44	1,22	0,55	1,44
	σ	4,40	5,43	1,31	0,20	0,36	0,09	0,10	0,19
	\bar{A}	19,00 - 37,00	27,50 - 52,50	5,50 - 12,50	0,65 - 1,63	3,80 - 5,27	1,07 - 1,43	0,25 - 0,78	1,03 - 1,95
P-2	\bar{x}	25,04	27,50	9,02	0,68	4,14	1,30	0,49	1,40
	σ	3,86	1,61	1,27	0,04	0,45	0,15	0,11	0,18
	\bar{A}	20,00 - 38,00	24,00 - 30,00	7,50 - 13,50	0,60 - 0,75	3,03 - 5,30	1,00 - 1,70	0,30 - 0,82	0,95 - 1,69
P-3	\bar{x}	24,69	23,65	9,38	0,58	4,21	1,07	0,51	1,20
	σ	3,42	1,54	1,22	0,04	0,37	0,17	0,10	0,17
	\bar{A}	19,00 - 33,00	19,00 - 26,00	8,00 - 13,50	0,54 - 0,81	3,47 - 5,20	0,87 - 2,13	0,28 - 0,74	0,89 - 1,61
P-4	\bar{x}	29,28	24,50	6,98	0,58	4,60	1,30	0,84	1,48
	σ	4,07	2,00	1,19	0,06	0,37	0,10	0,21	0,17
	\bar{A}	24,00 - 39,00	20,00 - 30,00	5,00 - 9,00	0,51 - 0,82	3,77 - 5,33	1,07 - 1,50	0,52 - 1,62	1,07 - 1,91
P-5	\bar{x}	33,06	37,98	9,05	0,98	4,46	1,30	0,60	1,40
	σ	4,04	2,28	1,90	0,13	0,42	0,14	0,13	0,13
	\bar{A}	24,00 - 41,00	30,00 - 40,00	6,00 - 17,00	0,80 - 1,50	3,43 - 5,30	1,00 - 1,53	0,34 - 1,07	1,12 - 1,67
P-6	\bar{x}	31,48	25,34	12,52	1,15	3,96	1,01	0,41	1,24
	σ	2,42	1,19	1,72	0,17	0,51	0,10	0,08	0,12
	\bar{A}	26,00 - 36,00	22,00 - 27,00	8,00 - 18,50	0,85 - 1,64	1,43 - 5,00	0,80 - 1,33	0,20 - 0,64	0,96 - 1,53
P-7	\bar{x}	29,00	27,32	8,88	0,57	4,17	1,31	0,41	1,28
	σ	2,73	1,68	1,29	0,02	0,45	0,14	0,08	0,13
	\bar{A}	20,00 - 38,00	22,00 - 31,00	7,00 - 13,50	0,54 - 0,63	3,03 - 5,30	1,07 - 1,70	0,27 - 0,64	1,00 - 1,62
P-8	\bar{x}	42,48	30,14	13,20	0,96	3,65	1,10	0,42	1,15
	σ	3,94	1,98	1,65	0,11	0,36	0,12	0,08	0,12
	\bar{A}	37,00 - 53,00	25,00 - 34,00	10,00 - 17,00	0,80 - 1,50	3,03 - 4,70	0,87 - 1,50	0,23 - 0,58	0,83 - 1,50
P-9	\bar{x}	25,85	41,45	9,90	1,09	5,31	1,36	1,18	2,18
	σ	2,49	1,54	0,84	0,12	0,26	0,11	0,23	0,20
	\bar{A}	23,00 - 30,50	38,00 - 43,00	9,00 - 11,50	0,93 - 1,30	4,70 - 5,63	1,17 - 1,53	0,89 - 1,49	1,91 - 2,67
P-10	\bar{x}	46,60	31,20	18,30	0,81	4,44	1,26	0,37	1,22
	σ	5,93	2,94	1,57	0,05	0,20	0,06	0,03	0,06
	\bar{A}	39,00 - 56,00	28,00 - 36,00	15,00 - 20,50	0,75 - 0,88	4,03 - 4,73	1,20 - 1,40	0,32 - 0,41	1,10 - 1,32
P-11	\bar{x}	31,85	42,05	7,50	1,15	6,56	2,19	4,18	2,99
	σ	4,91	3,35	0,33	0,14	0,24	0,15	0,49	0,17
	\bar{A}	26,00 - 41,50	35,50 - 47,00	7,00 - 8,00	0,97 - 1,45	6,30 - 7,00	1,93 - 2,40	3,49 - 4,95	2,74 - 3,32
P-12	\bar{x}	33,00	47,55	8,70	1,26	6,88	2,27	4,67	3,28
	σ	3,98	3,02	1,06	0,12	0,31	0,10	0,47	0,18
	\bar{A}	28,00 - 38,50	43,50 - 52,00	7,50 - 11,00	1,07 - 1,42	6,33 - 7,37	2,10 - 2,40	4,08 - 5,31	2,85 - 3,42
P-13	\bar{x}	36,35	48,80	8,80	1,26	6,04	2,06	3,51	3,15
	σ	4,18	3,51	1,03	0,13	0,17	0,13	0,67	0,33
	\bar{A}	29,50 - 41,00	42,00 - 55,00	7,50 - 10,50	1,02 - 1,43	5,83 - 6,30	1,80 - 2,23	2,39 - 4,34	2,73 - 3,65

Continuação

Pop.	¹	Características							
		MADF (cm)	MEDF (cm)	C/D (adm,)	CP (cm)	EP (cm)	CPL (cm)	TMS (%)	NSF (cont,)
	\bar{x}	0,91	0,42	1,59	1,90	0,13	0,92	18,80	32,83
P-1	σ	0,07	0,08	0,17	0,19	0,01	0,16	1,29	7,83
	\bar{A}	0,69 - 1,06	0,29 - 0,61	1,32 - 2,03	1,55 - 2,47	0,10 - 0,16	0,65 - 1,34	15,74 - 22,32	12,00 - 51,33
	\bar{x}	0,84	0,49	1,69	1,97	0,12	0,93	18,29	33,41
P-2	σ	0,09	0,05	0,22	0,21	0,01	0,14	2,30	8,71
	\bar{A}	0,70 - 1,23	0,39 - 0,64	0,77 - 2,12	1,62 - 2,46	0,10 - ,15	0,59 - 1,21	13,48 - 23,64	16,00 - 51,67
	\bar{x}	0,91	0,60	1,34	2,15	0,12	0,77	18,47	28,49
P-3	σ	0,08	0,06	0,21	0,22	0,01	0,14	1,76	7,42
	\bar{A}	0,65 - 1,16	0,45 - 0,76	0,84 - 1,92	1,62 - 2,53	0,10 - 0,13	0,48 - 1,06	12,28 - 21,84	12,33 - 45,67
	\bar{x}	1,08	0,65	1,38	1,80	0,13	0,99	20,29	41,04
P-4	σ	0,06	0,05	0,17	0,13	0,01	0,14	1,65	8,71
	\bar{A}	0,93 - 1,22	0,53 - 0,74	1,11 - 1,92	1,57 - 2,19	0,11 - 0,15	0,66 - 1,32	16,90 - 25,00	18,67 - 61,67
	\bar{x}	0,96	0,53	1,46	2,09	0,12	0,90	14,74	32,43
P-5	σ	0,09	0,07	0,14	0,21	0,02	0,11	3,04	8,71
	\bar{A}	0,76 - 1,27	0,37 - 0,68	1,12 - 1,80	1,64 - 2,50	0,02 - 0,15	0,71 - 0,13	7,59 - 21,65	13,67 - 55,33
	\bar{x}	0,81	0,51	1,54	1,98	0,12	0,79	20,31	21,52
P-6	σ	0,06	0,04	0,14	0,17	0,01	0,09	3,50	6,03
	\bar{A}	0,68 - 0,98	0,44 - 0,63	1,20 - 1,86	1,64 - 2,39	0,10 - 0,14	0,53 - 0,97	11,54 - 30,56	6,67 - 35,33
	\bar{x}	0,79	0,54	1,58	1,79	0,12	0,85	13,23	29,77
P-7	σ	0,05	0,06	0,27	0,15	0,01	0,11	2,38	6,78
	\bar{A}	0,67 - 0,89	0,37 - 0,68	0,16 - 2,07	1,50 - 2,28	0,09 - 0,14	0,63 - 1,12	7,69 - 17,07	15,00 45,33
	\bar{x}	0,84	0,49	1,37	1,69	0,11	0,73	16,74	30,65
P-8	σ	0,05	0,06	0,14	0,16	0,01	0,09	1,75	6,24
	\bar{A}	0,69 - 0,96	0,38 - 0,68	1,01 - 1,80	1,49 - 2,11	0,03 - 0,13	0,50 - 0,91	12,28 - 19,51	16,67 - 46,67
	\bar{x}	1,14	0,65	1,91	2,26	0,15	1,41	17,97	46,90
P-9	σ	0,08	0,06	0,15	0,17	0,01	0,16	3,10	12,67
	\bar{A}	1,01 - 1,24	0,56 - 0,73	1,71 - 2,19	2,06 - 2,55	0,13 - 0,16	1,13 - 1,71	14,19 - 23,74	26,33 - 71,33
	\bar{x}	0,74	0,52	1,66	1,77	0,09	0,84	16,84	26,03
P-10	σ	0,03	0,03	0,11	0,16	0,01	0,06	1,97	2,77
	\bar{A}	0,70 - 0,77	0,48 - 0,57	1,44 - 1,83	1,50 - 1,99	0,07 - 0,10	0,75 - 0,92	13,33 - 19,35	23,00 - 32,33
	\bar{x}	1,98	1,26	1,51	2,35	0,19	2,00	13,87	57,23
P-11	σ	0,11	0,09	0,06	0,11	0,02	0,14	1,25	12,67
	\bar{A}	1,86 - 2,19	1,17 - 1,48	1,42 - 1,61	2,13 - 2,49	0,15 - 0,22	1,79 - 2,27	11,63 - 16,05	36,67 - 76,00
	\bar{x}	1,93	0,88	1,70	2,48	0,19	2,27	14,84	59,87
P-12	σ	0,14	0,07	0,14	0,16	0,01	0,17	1,96	14,78
	\bar{A}	1,77 - 2,21	0,77 - 0,98	1,46 - 1,88	2,20 - 2,71	0,18 - 0,22	1,96 - 2,55	9,86 - 16,75	43,00 - 87,33
	\bar{x}	1,80	1,15	1,75	2,35	0,18	2,18	16,68	52,43
P-13	σ	0,12	0,11	0,20	0,14	0,01	0,21	0,77	18,24
	\bar{A}	1,62 - 1,98	1,00 - 1,33	1,47 - 2,07	2,15 - 2,64	0,16 - 0,20	1,93 - 2,45	15,25 - 17,66	31,00 - 86,33

¹ \bar{x} - média, σ - desvio padrão, \bar{A} - amplitude, ²AP - altura da planta, DDC - diâmetro da copa, APB - altura da primeira bifurcação, DCL - diâmetro do caule, CFL - comprimento da folha, LDF - largura da folha, CFR - comprimento do fruto, MADF - maior diâmetro do fruto, MEDF - menor diâmetro do fruto, CP - comprimento do pedúnculo, EP - espessura do pericarpo, CPL - comprimento da placenta, CD - relação comprimento/diâmetro de fruto, PFR - peso do fruto, TMS - teor de matéria seca, NSF - número de sementes por fruto.

Capítulo II

Análise multivariada de divergência genética entre populações de pimenteiras ornamentais (*Capsicum annuum* L.)

RESUMO

O gênero *Capsicum* apresenta ampla variabilidade genética e a maneira mais utilizada de determinar essa variabilidade tem sido a utilização de descritores morfológicos. Este trabalho teve como objetivo avaliar a divergência genética entre treze populações de pimenteiras ornamentais usando técnicas multivariadas, baseadas na análise de agrupamento e de variáveis canônicas, bem como determinar quais as características morfoagronômicas que mais contribuíram para a divergência genética. O trabalho foi realizado em casa de vegetação do Laboratório de Biotecnologia Vegetal do CCA/UFPB. O delineamento experimental empregado foi o inteiramente casualizado com dois fatores (populações x Anos). Foram avaliadas treze populações de pimenteiras ornamentais sendo oito populações F₃ resultante do cruzamento entre os acessos 134 (P-9) e 77.1 (P-10) e cinco testemunhas adicionais P-9, P10, P-11, P-12 e P-13, com base em 16 descritores morfológicos, 6 de planta e 10 de fruto. A análise multivariada revelou que existe interação entre os fatores estudados ($p < 0,01$). Observou-se concordância entre as técnicas multivariadas utilizadas. As características de fruto foram as que mais contribuíram para a divergência genética, separando as populações utilizadas como testemunhas (P-11, P-12 e P-13) das demais. Esta separação se dá devido estas populações apresentarem porte muito uniforme e frutos que se destacam pelo maior tamanho e peso. Estes resultados se repetiram nos dois anos de avaliação.

Palavras-chave: variabilidade genética, recursos genéticos, caracterização morfoagronômica, análise multivariada.

ABSTRACT

Multivariate analysis of genetic divergence between populations of ornamental pepper (*Capsicum annuum* L.)

Capsicum genus presents wide genetic variability and the most used way to determine this variability has been using morphological descriptors. This study aimed to evaluate the genetic divergence between populations of thirteen ornamental pepper using multivariate techniques based on cluster analysis and canonical variables and determine which agronomic characteristics that most contributed to the genetic divergence. The study was conducted in the Laboratory of greenhouse Plant Biotechnology CCA / UFPB. The experimental design was completely randomized with two factors (population x years). Were evaluated thirteen populations of ornamental pepper with eight F3 populations resulting from a cross between the accesses 134 (P-9) and 77.1 (P-10) and five additional witnesses P-9, P 10, P-11, P-12 and P 13, based on morphological descriptors 16, 6 and 10 plant fruit. Multivariate analysis revealed that there is interaction between treatments ($p < 0.01$). There was agreement between the multivariate techniques used. Fruit characteristics were those that most contributed to the genetic divergence, separating the populations used as controls (P-11, P-12 and P-13) from the other. This separation is due these populations present very uniform size and fruits that stand out for their large size and weight. These results were repeated in the two years of evaluation.

Keywords: genetic variability, genetic resources, morphoagronomic characterization, multivariate analysis.

INTRODUÇÃO

A pimenteira pertence ao gênero *Capsicum* e apresenta ampla variabilidade morfológica, presente nas plantas, flores e frutos. A variabilidade presente nos frutos é retratada pelas diferenças de cores, formatos, tamanhos e sabores. A variabilidade presente na arquitetura da planta confere às pimenteiras alto potencial de uso como plantas ornamentais, pois este setor do mercado prefere plantas baixas com frutos coloridos e eretos, além de resistentes a doenças, pragas e estresse abióticos (CARVALHO e BIANCHETTI, 2007; RÊGO *et al.*, 2009a).

Apesar desse potencial, o melhoramento do gênero *Capsicum* no Brasil ainda não é compatível com a relevância das pimenteiras dentro da cadeia produtiva (REIFSCHNEIDER, 2000). No entanto, esse cenário vem se modificando, considerando-se a preocupação dos melhoristas em desenvolver cultivares com foco principal nas características dos frutos como tamanho, forma, teor de capsaicina, cor, firmeza, teor de vitaminas e uniformidade (LUZ, 2007).

Assim, o estudo da diversidade genética é fundamental para o conhecimento da variabilidade genética existente nas populações ou genótipos conservados nos Bancos Ativos de Germoplasma (BAG). Como se sabe, geralmente, o quanto mais distante morfológicamente forem os genitores a serem utilizados em programas de melhoramento, maior será o efeito heterótico (SUDRÉ *et al.*, 2005; GONÇALVES *et al.*, 2008; RÊGO *et al.*, 2011b). Porém, alguns fatores dificultam o uso dos BAG, tais como a falta de documentação, de descrição e de avaliação dos materiais genéticos das coleções, o que limita a ação dos melhoristas (GEPTS, 2006).

A utilização dos descritores morfológicos tem sido uma maneira de caracterizar qualitativa e quantitativamente a variabilidade existente nos BAG's. Segundo Sudré *et al.* (2010), a caracterização de espécies domesticadas de *Capsicum* é de maior interesse, particularmente para os BAG, pois a ampla variabilidade existente na espécie ainda não está inteiramente conhecida e explorada. Gonçalves *et al.* (2008) ressaltam a importância da caracterização dos BAGs, uma vez que colocam à disposição dos pesquisadores a variabilidade existente entre populações ou acessos, o que permite a seleção de genótipos superiores e possibilita o aumento da frequência de alelos favoráveis. Esses genótipos podem ser também utilizados em combinações híbridas de alto valor heterótico para futura utilização na seleção de gerações segregantes (RÊGO *et al.*, 2011; RÊGO *et al.*, 2012b).

Para determinar a distância genética entre indivíduos, grupo de indivíduos ou entre populações são utilizados os modelos biométricos. Em geral, tais modelos são baseados em técnicas multivariadas, as quais permitem combinar as múltiplas informações de um conjunto de características. Vários métodos multivariados podem ser utilizados, sendo usual, em estudos de divergência genética, se utilizar métodos como a análise de agrupamento, de componentes principais e das variáveis discriminantes canônicas, entre outras, considerando-se o que for mais adequado à precisão desejada, facilidade da análise, interpretação dos resultados e forma como os dados são obtidos (CRUZ e CARNEIRO, 2006).

O objetivo desse trabalho foi utilizar métodos multivariados para avaliar a divergência genética entre populações F₃ de pimenteiros ornamentais, bem como determinar as características morfoagronômicas que mais contribuíram para a divergência genética entre elas.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em casa de vegetação no *campus* do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (CCA-UFPB), em Areia – Paraíba, Brasil. Foram utilizadas 13 populações de pimenteiros ornamentais, pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma (BAG) do Laboratório de Biotecnologia Vegetal da UFPB, sendo oito populações F₃: F₂1 (P-1), F₂4 (P-2), F₂5 (P-3), F₂7 (P-4), F₂9 (P-5), F₂10 (P-6), F₂11 (P-7) e F₂31 (P-8), originadas a partir do cruzamento entre os acessos 134 (P-9) e 77.2 (P-10) e cinco populações utilizadas como testemunhas adicionais, os acessos 134 (P-9), 77.2 (P-10), 10.1(P-11), 10.2 (P-12) e 10.3 (P-13).

A semeadura foi realizada em bandejas de poliestireno expandido, com 200 células preenchidas com substrato comercial Plantmax HT[®]. Trinta e cinco dias após o semeio, quando as plântulas apresentavam três folhas definitivas, foram transplantadas para vasos plásticos com capacidade volumétrica de 800 ml contendo substrato comercial Plantmax HT[®]. As plantas foram regadas diariamente, em dias alternados, com solução nutritiva elaborada com base em Furlani *et al.*, 1999, que constou da seguinte composição em g/1000 L: 1000 g de nitrato de cálcio; 1250 g de nitrato de potássio; 250 g de MKP; 500 g de sulfato de magnésio; 1,5 g de ácido bórico; 25 g quelatec AZ; 25 g de ultraferro; 110 g cloreto de potássio e 150 g de sulfato de potássio. Os tratamentos fitossanitários foram realizados quando

necessários, durante todo ciclo da cultura, com o objetivo de minimizar os danos causados por pragas e doenças.

O delineamento experimental empregado foi inteiramente casualizado. A unidade experimental foi constituída por uma planta por vaso. Foram avaliadas 8 populações F₃, cada uma com 50 plantas, e 5 testemunhas adicionais, com 10 plantas cada. Os dados obtidos das cinco testemunhas são referentes a médias das 10 plantas utilizadas como repetição.

A caracterização morfoagronômica foi realizada de acordo com as recomendações constantes nos descritores do gênero *Capsicum*, propostos pelo IPGRI (1995). Foram utilizados 16 descritores morfológicos (6 de planta e 10 de fruto). Para as características de planta, foram mensurados em centímetros: AP – altura da planta, DDC - Diâmetro da copa, APB - altura da primeira bifurcação, DCL - diâmetro do caule, CFL - comprimento da folha, LDF - largura da folha. Foram avaliadas, em centímetros, as características de fruto: CFR – comprimento do fruto, MADF – maior diâmetro do fruto, MEDF – menor diâmetro do fruto, CP – comprimento do pedúnculo, EP – espessura do pericarpo, CPL – comprimento da placenta. Calculou-se também a relação comprimento/diâmetro de fruto (CD), adimensional. Aferiu-se, em gramas, o peso do fruto (PFR); em percentual, o teor de matéria seca (TMS), e o número de sementes por fruto (NSF), durante anos de 2013 e 2014.

Os dados foram submetidos à análise de variância multivariada de acordo com o modelo fatorial de dois fatores (*two-way MANOVA*), sendo os fatores anos e populações. O efeito da interação entre estes fatores foi analisado. Para quantificar a contribuição relativa das características para a divergência genética foi utilizado o critério de Singh (1981). Em seguida, foram construídas variáveis discriminantes canônicas, cujos escores médios para cada combinação dos fatores foram apresentados no plano bidimensional por meio da técnica *biplot* (Gabriel, 1971). Com essa metodologia, as características com maior percentagem de variância foram empregadas na dispersão das populações em coordenadas cartesianas, visando simplificar a visualização e interpretação dos resultados (CRUZ e CARNEIRO, 2006). A partir das cargas das variáveis canônicas, foi avaliada a importância de cada característica referente a planta e ao fruto na divergência genética entre as populações. Além disso, também foi realizado um agrupamento pelo algoritmo de Ward com base na distância quadrada generalizada de Mahalanobis. Todas as análises foram realizadas como software R versão 3.0.3 (R CORE TEAM, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado da análise de variância multivariada mostra que existe interação entre os fatores estudados ($p < 0,01$), indicando que as populações de pimenteiras ornamentais utilizadas neste experimento responderam de forma diferente em cada ano avaliado.

Com base no critério de Singh (Tabela 1), pode-se observar que a característica que mais contribuiu para a divergência genética foi o PFR, com uma participação correspondente a 44,7% e 38,8%, para o primeiro e segundo anos de avaliação, respectivamente. Essa leve diminuição na contribuição do peso do fruto provavelmente se deva aos diferentes acúmulos de massa fresca dos frutos. Este fato comprova os resultados obtidos através dos escores associados às variáveis canônicas, em que a contribuição das características relativas ao fruto foi decisiva para a determinação da distância entre as populações. Bento *et al.* (2007) identificaram que as duas características que mais contribuíram para a divergência, relacionadas ao fruto, foram número de frutos por planta e número de sementes por fruto. E Sudré *et al.* (2006), relataram que as características mais importantes foram o comprimento do fruto e o diâmetro dos frutos, fato este provavelmente relacionado à utilização das diferentes espécies estudadas por esse autores, em relação às deste estudo.

Pode-se, ainda, destacar a participação das variáveis CFR (15,1%, ano 1) e (7,8%, ano 2) e do MEDF com (9,5%, ano 1) e (9,6%, ano 2) na dissimilaridade entre as populações. Esse decréscimo na participação do CFR se deve a diferenças na taxa de crescimento e a maior uniformidade dos frutos, observada no segundo ano, quanto a essa característica, bem como ao fato das populações (P-11, P-12 e P-13) utilizadas como testemunhas apresentarem frutos maiores e, conseqüentemente, mais pesados, contribuindo assim para uma menor distância entre tais populações e a maior distância delas em relação às demais populações.

O DDC, de 2,7%, no primeiro ano de avaliação, não apresentou contribuição efetiva para a divergência entre as populações estudadas. Porém, no segundo ano, chegou a 11%. Provavelmente, essa maior contribuição se deva ao fato de que algumas populações, que apresentaram diferentes taxas de desenvolvimento da copa das plantas, o que pode estar relacionado com a fisiologia e genética de cada população. Segundo Barbosa *et al.*, (2002), Stommel e Bosland (2006), Rêgo *et al.* (2009) e Barroso *et al.*, (2012), plantas com porte compacto, menor altura e menor diâmetro da copa são de interesse para seleção de pimenteiras com finalidade de uso ornamental.

Nas Figuras 1A e 1B, as populações estudadas apresentam-se bem dispersas, embora algumas delas formem grupos coerentes, como mostram os escores associados às variáveis

canônicas (Can1 e Can2) para as 16 características avaliadas. A variabilidade retida pela primeira variável canônica (Can1), no primeiro ano, foi de 58,4%. As características que mais contribuíram com essa variável canônica, em ordem decrescente de importância, foram PFR, MADF, CFR, MEDF, CPL, CFL e LDF, sendo que as duas últimas são relativas à planta.

A análise discriminante canônica evidenciou que, no geral, as características associadas ao fruto (PFR, MADF, MEDF, CFR e CPL) contribuíram mais para a distância entre as populações, que aquelas associadas à planta, tanto no primeiro (Figura 1A) quanto no segundo (Figura 1B) ano de avaliação. Esses resultados coincidem com os obtidos por Ferrão *et al.* (2011), que relataram que as duas variáveis que mais contribuíram para a divergência foram características de frutos.

Ainda na Figura 1, destaca-se o comportamento apresentado pelas populações P-11, P-12 e P-13. Estas populações apresentam frutos expressivamente maiores em relação às demais. As características de fruto supracitadas também foram responsáveis pela proximidade existente entre as populações (P-8 e P-5), (P-2 e P-1), (P-3 e P-7), (P-7 e P-2), (P-4 e P-2), (P-4 e P-1) e (P-6 e P-3), que assim se agruparam por apresentarem, em geral, frutos menores.

Na figura 1A pode-se observar que a variabilidade retida pela variável canônica (Can2) no primeiro ano foi de 18,2%, e que as características que mais contribuíram para a distância entre as populações, nesse eixo canônico, em ordem decrescente de importância foram DDC, APB, AP, EP, DCL, CD e LDF. Silva Neto *et al.* (2014), trabalhando com *C. annuum*, relataram que as características que mais contribuíram para diversidade foram diâmetro do caule, diâmetro da copa e altura da primeira bifurcação. Observa-se também que as populações P-4, P-1, P-2, P-7, P-3 e P-11 apresentaram os menores valores para as características de porte de planta, enquanto que as populações P-5 e P-8 evidenciaram os maiores valores. Segundo Rêgo *et al.* (2010b) as características relativas ao hábito de crescimento e a harmonia entre a copa da planta e o tamanho do vaso são determinantes no potencial de uso da pimenteira como planta ornamental. Logo, as populações que apresentaram menor contribuição para a característica podem ser selecionadas para cultivo em vaso, enquanto que, quando apresentam maiores valores, devem ser descartadas.

As duas principais variáveis canônicas (Can1 e Can2) retiveram juntas 76,6% da variabilidade existente entre as populações (Figura 1A) e permitiram identificar dois grupos graficamente similares de populações F₃: Grupo 1 - populações P-1, P-2, P-3 e P-7 e Grupo 2 - populações P-8 e P-5. Isso porque é evidente a distância entre estes grupos e as populações P-11, P-12 e P-13. Segundo Cruz e Regazzi (2004), a formação de grupos com homogeneidade intragrupo e heterogeneidade inter grupos é o ponto de partida para uma

avaliação mais minuciosa dos mesmos, para serem utilizados em programas de melhoramento futuro.

No segundo ano de avaliação (Figura 1B), a variabilidade retida pela Can1 aumentou para 66,2%, e as características que mais contribuíram para o distanciamento das populações, em ordem decrescente de importância foram PFR, MADF, CFR, CPL, LDF e MEDF.

Em relação a Can2, que reteve 13,5 % de variabilidade, as características que mais contribuíram, no segundo ano, em ordem decrescente de importância, foram DCL, DDC, APB, AP, MEDF e CD. Ainda na Figura 1B, destacam-se a proximidade fenotípica das populações P-2 e P-7, também verificado no primeiro ano, e a proximidade das populações P-6, P-8 e P-10. Esse último agrupamento foi, provavelmente, devido a maior contribuição das características relativas ao porte da planta, apresentada pelas populações P-6 e P-10, maior que o verificado nas plantas da população P-8, isto no segundo ano.

As duas primeiras variáveis canônicas (Can1 e Can2), no segundo ano de avaliação, retiveram juntas 79,7% da variabilidade existente entre as populações (Figura 1B). O relacionamento entre as características estudadas e o período de avaliação (primeiro e segundo ano) influenciou decisivamente no comportamento das populações, pois se observa que, no primeiro ano, a população P-1 apresentou um dos menores valores para as características de porte de planta, enquanto que, no segundo ano, apresentou plantas de porte relativamente maior. Na figura 1A pode-se verificar que as populações P-5 e P-8 apresentaram um comportamento similar ao verificado no primeiro ano de avaliação. Não obstante, no segundo ano, ambas tiveram aumento relativo para as características de porte. Vale ressaltar o comportamento apresentado pelas populações P-2, P-3, P-4, P-7, P-9, P-12 e P-13, que não variaram, quando avaliadas no primeiro e segundo anos. Provavelmente este fato se relacione com fator genético, uma vez que não ocorreu qualquer variação drástica de ordem ambiental.

Nas figuras 2A e 2B encontram-se os dendrogramas obtidos pelo algoritmo de Ward para o primeiro e segundo ano, respectivamente. Tanto no primeiro quanto no segundo ano, apenas dois grupos de populações foram identificados. Num deles encontram-se as populações P-1 a P-10 e no outro as populações P-11, P-12 e P-13. Esta formação de grupos foi também identificada pelas variáveis canônicas. Portanto, no presente estudo, as variáveis discriminantes canônicas mostraram-se mais eficazes que a análise de agrupamento pelo algoritmo de Ward com base na distância generalizada de Mahalanobis. Por exemplo, pode-se observar que, pelo método das variáveis canônicas, a população P-6 é divergente da

população P-9 (Figura 1A). Tal resultado não foi verificado pelo método de Ward (Figura 2A).

Pode-se inferir que as populações utilizadas foram divergentes, possibilitando a formação de grupos distintos. As técnicas multivariadas apresentaram relativa concordância quanto à composição dos grupos e quanto à contribuição das características avaliadas para a divergência entre as populações. As características PFR, MEDF, CFR e MADF explicaram a maior parte da variação existente entre as populações nos dois anos de avaliação. Em programas de melhoramento que visem a obtenção de pimenteiras de porte ornamental, deve-se dar importância às populações P-2, P-3, P-4 e P-7, que apresentaram menores valores para porte e tamanho de frutos. Segundo Bosland (1993), plantas de baixo porte e que produzem frutos pequenos, são consideradas promissoras para o agronegócio de pimenteiras ornamentais. Pode-se também ressaltar que plantas de porte baixo e menor diâmetro de copa são mais harmônicas. Além disso, é importante se considerar a relação entre a arquitetura da planta e o tamanho do vaso, devendo a altura daquela e o diâmetro da copa ser 1,5 a 2 vezes maior que o tamanho do vaso (BARBOSA *et al.*, 2002; BARROSO *et al.*, 2012).

Considerando-se o melhor desempenho nas características desejáveis para uso ornamental, apresentado pelas plantas das populações P-3, P-4 e P-7, recomenda-se a realização de seleção dentro dessas populações, para dar continuidade ao programa de melhoramento de pimenteiras ornamentais.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, R. I.; LUZ, F. J. F.; NASCIMENTO-FILHO, H. R.; MADURO, C. B. *Capsicum* peppers cultivated in Roraima, Brazilian Amazonia. I. Domestic species. **Acta Amazônica**, v.32, p.177-132, 2002.

BARROSO, P. A.; RÊGO, E. R.; RÊGO, M. M.; NASCIMENTO, K. S.; NASCIMENTO, N. F. F.; NASCIMENTO, M. F.; SOARES, W. S.; FERREIRA, K. T. C. ; OTONI, W. C. Analysis of segregating generation for components of seedling and plant height of pepper (*Capsicum annuum* L.) for medicinal and ornamental purposes. **Acta Horticulturae**, v.953, p.269-276, 2012.

BENTO, C. S.; SUDRÉ, C. P.; RODRIGUES, R.; RIVA, E. M.; PEREIRA, M. G. Descritores qualitativos e multicategóricos na estimativa da variabilidade fenotípica entre acessos de pimenta. **ScientiaAgrária**, v.8, p.146-153, 2007.

BOSLAND, P. W. Breeding for quality *Capsicum*. **Capsicum and Eggplant Newsletter**, v. 12, p. 25-31, 1993.

CARVALHO, S. I. C.; BIANCHETTI, L. B. **Pimenta (*Capsicum spp.*): botânica**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2007. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pimenta/Pimenta_capsicum_spp/botanica.html>. Acesso em: 05 fev. 2014.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006. v.2, 585p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: Imprensa Universitária, 2004. 480 p.

FERRÃO, L. F. V.; CECON, P. R.; FINGER, F. L.; SILVA, F. F.; PUIATTI, M. Divergência genética entre genótipos de pimenta com base em caracteres morfo-agrônomicos. **Horticultura Brasileira**, v.29, n.3, p.354-358, 2011.

GABRIEL, K. R. The biplot graphical display of matrices with application to principal component analysis. **Biometrika**, v.58, 453-467, 1971.

GEPTS, P. Plant genetic resources conservation and utilization: the accomplishments and future of a societal insurance policy. **Crop Science**, v.46, p.2278-2296, 2006.

GONÇALVES, L. S.; RODRIGUES, R.; AMARAL JUNIOR, A.T.; KARASAWA, M. Comparison of multivariate statistical algorithms to cluster tomato heirloom accessions. **Genetics and Molecular Research**, v.7, p.1289-1297, 2008.

INTERNATIONAL PLANT GENETIC RESOURCES INSTITUTE. **Descriptors for *Capsicum* (*Capsicum spp.*)**. Rome, 1995. 49p.

LUZ, F. J. F. **Caracterizações morfológica e molecular de acessos de pimenta (*Capsicum chinense* Jacq.)**. 2007. 70f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal-SP, 2007.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <http://www.R-project.org/>. Acesso em: 06 mar., 2014.

RÊGO, E. R.; RÊGO, M. M.; CRUZ, C. D.; FINGER, F. L.; CASALI, V. W. D. Phenotypic diversity, correlation and importance of variables for fruit quality and yield traits in Brazilian peppers (*Capsicum baccatum*). **Genetic Resources and Crop Evolution**. 2010b.

REGO, E. R.; RÊGO, M. M.; SILVA, D. F.; CORTEZ, R. M.; SAPUCAY, M. J. L. C.; SILVA, D. R.; SILVA JUNIOR, S. J. Selection for leaf and plant size and longevity of ornamental peppers (*Capsicum* spp.) grown in greenhouse condition. **Acta Horticulturae**, v.829, p.371-375, 2009a.

RÊGO, E. R.; RÊGO, M. M.; CRUZ, C. D.; FINGER, F. L.; CASALI, V. W. D. A diallel study of yield components and fruit quality in chilli pepper (*Capsicum baccatum*). **Euphytica**, v.168, p.275–287, 2009.

RÊGO, E.R.; FINGER, F. L.; NASCIMENTO, M. F.; BARBOSA, L. A. B. Pimenteiras Ornamentais. In: Produção, Genética e Melhoramento de Pimentas (*Capsicum* spp.) (RÊGO, E. R, FINGER, F. L.; RÊGO, M. M. eds.). Imprima, Recife, p.205-223, 2011b.

REIFSCHNEIDER, F. J. B. (Org.). ***Capsicum*: pimentas e pimentões no Brasil**. Brasília, DF: EMBRAPA Hortaliças, 2000. 133p.

SILVA NETO, J. J.; RÊGO, E. R.; NASCIMENTO, M. F.; SILVA FILHO, V. A. L.; ALMEIDA NETO, J. X.; RÊGO, M. M. Variabilidade em população base de pimenteiras ornamentais (*Capsicum annuum* L.). *Rev. Ceres*, Viçosa, v. 61, n.1, p. 84-89, jan/fev, 2014.

STOMMEL, J. R.; BOSLAND, P. W. Ornamental pepper, *Capsicum annuum*, p. 561-599. In: N. O. Anderson (ed). Flower breeding and genetics: Issues, challenges and opportunities for the 21 st Century. Springer, Dordrecht. The Netherlands.

SUDRÉ, C. P.; GONÇALVES, L. S. A.; RODRIGUES, R.; AMARAL JÚNIOR, A. T. do; RIVA-SOUZA, E. M.; BENTO, C. dos S. Genetic variability in domesticated *Capsicum* spp as assessed by morphological and agronomic data in mixed statistical analysis. **Genetics and Molecular Research**, v.9, n.1, p.283-294, 2010.

SUDRÉ, C. P.; RODRIGUES, R.; RIVA, E. M.; KARASAWA, M. Divergência genética entre acessos de pimenta e pimentão utilizando técnicas multivariadas. **Horticultura Brasileira**. V.23, p.22-27, 2005.

SUDRÉ, C. P.; CRUZ, C. D.; RODRIGUES, R.; RIVA, E. M.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; SILVA, D. J. H.; PEREIRA, T. N. S. Variáveis multicategóricas na determinação da divergência genética entre acessos de pimenta e pimentão. **Horticultura Brasileira**. p.88-93, 2006.

Tabela 1. Participação relativa das características no cálculo das distâncias generalizadas de Mahalanobis, de acordo com o critério de Singh, para dois anos de avaliação das 13 populações de pimenteiros ornamentais (*C. annuum* L.). Areia-PB, UFPB, 2014.

Características	Ano 1	Ano 2
	Participação relativa (%)	
PFR	44,7	38,8
DDC	2,7	11,0
MEDF	9,5	9,6
CFR	15,1	7,8
MADF	1,7	7,0
LDF	4,6	5,7
NSF	4,9	5,0
EP	5,7	0,0
CFL	5,2	3,5
Demais características	5,9	11,6

PFR, peso do fruto; DDC, Diâmetro da copa; MEDF, menor diâmetro do fruto; CFR, comprimento do fruto; MADF, maior diâmetro do fruto; LDL, largura da folha; NSF, número de sementes por fruto; EP, espessura do pericarpo; CFL, comprimento da folha. Areia-PB, UFPB, 2015.

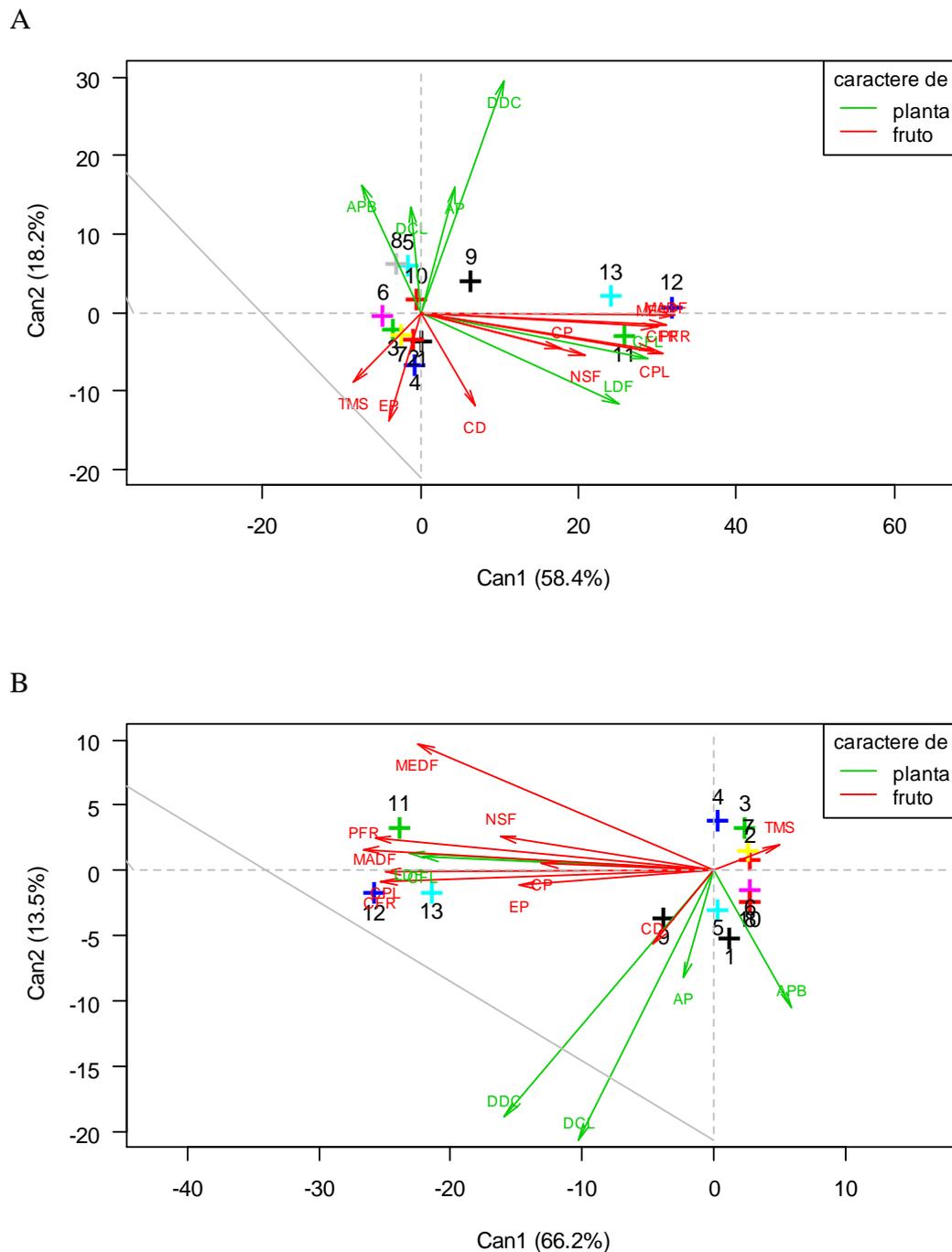
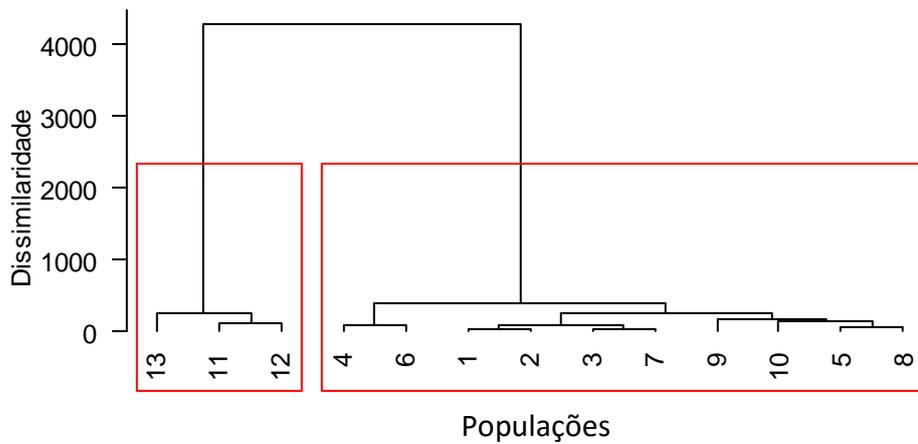


Figura 1. Dispersão dos escores das duas primeiras variáveis canônicas (Can1 e Can2) obtidas a partir de características morfoagronômicos de 13 populações de pimenteiras ornamentais (*C. annuum* L.), no primeiro (A) e no segundo (B) ano de avaliação. AP, altura da planta; DDC, diâmetro da copa; APB, altura da primeira bifurcação; DCL, diâmetro do caule; CFL, comprimento da folha; LDF, largura da folha; CFR, comprimento do fruto; MADF, maior diâmetro do fruto; MEDF, menor diâmetro do fruto; CP, comprimento do pedúnculo; EP, espessura do pericarpo; CPL, comprimento da placenta; CD, relação comprimento/diâmetro de fruto; PFR, peso do fruto; TMS, teor de matéria seca e NSF, número de sementes por fruto. Areia-PB, UFPB, 2015.

A



B

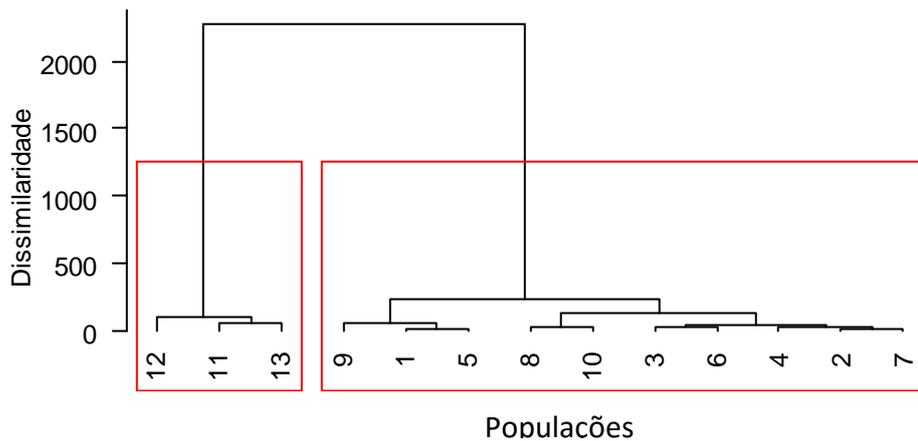


Figura 2. Dendrograma obtido pelo algoritmo de Ward com base na distância generalizada de Mahalanobis a partir de dados morfoagronômicos de 13 populações de pimenteiras ornamentais (*C. annuum* L.), no primeiro (A) e no segundo (B) ano de avaliação. AP, altura da planta; DDC, Diâmetro da copa; APB, altura da primeira bifurcação; DCL, diâmetro do caule; CFL, comprimento da folha; LDF, largura da folha; CFR, comprimento do fruto; MADF, maior diâmetro do fruto; MEDF, menor diâmetro do fruto; CP, comprimento do pedúnculo; EP, espessura do pericarpo; CPL, comprimento da placenta; CD, relação comprimento/diâmetro de fruto; PFR, peso do fruto; TMS, teor de matéria seca e NSF, número de sementes por fruto. Areia-PB, UFPB, 2015.

Capítulo III

Divergência genética dentro de populações F₃ de pimenteiras ornamentais por meio de escalonamento multidimensional

RESUMO

As pimenteiras do gênero *Capsicum* apresentam ampla variabilidade genética, ainda pouco explorada. Em 2013 e em 2014, desenvolveu-se este trabalho com os objetivos de caracterizar e estimar a divergência genética dentro de grupos pré-estabelecidos de populações F₃ de pimenteiras ornamentais. Foram avaliadas, em delineamento inteiramente casualizado, oito populações F₃ quanto a caracteres morfoagronômicos quantitativos e qualitativos. Foi realizado escalonamento multidimensional não métrico (nMDS) com base nas matrizes de dissimilaridade de Gower. Diagramas de dispersão foram construídos para apresentar as soluções nMDS no espaço bidimensional. O nível de ajuste do mapeamento nMDS foi calculado por meio do Stress₁ de Kruskal. A uniformidade interna, relativa as características ligadas ao porte das plantas e as dimensões de folhas e frutos, apresentada pelas populações P-4, P-5, P-6, P-7 e P-8, é indicativo de que os genótipos destas populações apresentam aptidão para serem utilizados em futuros programas de melhoramento de pimenteiras ornamentais. Por outro lado, as populações P-1, P-2 e P-3 apresentaram a maior dispersão visual, o que caracteriza uma ampla variabilidade para as características avaliadas, possibilitando seleção visando avanço de geração.

Palavras-chave: *Capsicum*, diversidade genética, melhoramento genético, pimenteira ornamental.

ABSTRACT

Genetic divergence within ornamental pepper families through multidimensional scaling

Capsicum pepper have a large genetic variability, yet little explored. In 2013 and in 2014, we developed this work aiming to characterize and estimate the genetic divergence within pre-established groups of F3 populations of ornamental pepper. They were evaluated in a randomized design, eight F3 populations as the quantitative and qualitative morphological characters. Was conducted non-metric multidimensional scaling (NMDS) based on the dissimilarity matrices Gower. Scatter diagrams were built to display the NMDS solutions in two-dimensional space. The adjustment level of NMDS map was calculated using the Kruskal Stress1. The internal consistency on the characteristics related to plant height and dimensions of leaves and fruit, presented by P-4 populations, P-5, P-6, P-7 and P-8, is indicative that the genotypes of these populations have aptitude for use in future breeding of ornamental pepper programs. On the other hand, the P-1 populations, P-2 and P-3 had the highest visual dispersion, which features a wide variability for the evaluated characteristics, enabling selection for generation advance.

Key words: Capsicum, genetic diversity, breeding, ornamental pepper.

INTRODUÇÃO

A ampla diversidade das pimenteiras diz respeito aos aspectos morfoagronômicos. A exploração da variabilidade morfológica da pimenteira possibilita sua utilização nos setores da indústria alimentícia, farmacêutica, cosmética. Mais recentemente tem sido também utilizada como planta ornamental (CARVALHO e BIANCHETTI, 2007; RÊGO *et al.*, 2009a; BÜTTOW *et al.*, 2010; ALBRECHT *et al.*, 2012; HILL *et al.*, 2013).

O estudo da divergência entre indivíduos, populações ou grupos de indivíduos é de fundamental importância para o conhecimento da variabilidade genética e tem sido realizado através de descritores morfológicos, utilizando-se diversos tipos de variáveis quantitativas e qualitativas (BENTO *et al.*, 2007; RÊGO *et al.*, 2009; GONÇALVES *et al.*, 2009; BARBÉ *et al.*, 2010; RÊGO *et al.*, 2011a, 2011b).

No entanto, embora a análise conjunta das variáveis quantitativas e qualitativas seja potencialmente um indicador mais completo da variabilidade existente nos bancos de germoplasma, poucos trabalhos tem utilizado esta estratégia, o que provavelmente vem ocorrendo devido ao conhecimento ainda insuficiente das técnicas estatísticas que permitem essa abordagem, à carência de *softwares* livres que analisem esses dados conjuntamente, bem como, pela tendência dos pesquisadores em dar mais importância àquelas variáveis diretamente relacionadas com caracteres trabalhados em programas de melhoramento (GONÇALVES *et al.*, 2008), em sua maioria quantitativos.

Uma técnica que permite a análise simultânea de dados quantitativos e qualitativos foi proposta por Gower (1971), por meio de um algoritmo que estima a similaridade entre dois indivíduos utilizando dados com distribuições contínuas e discretas.

Uma vez calculadas similaridades entre indivíduos, técnicas de análise multivariada são em geral empregadas para a quantificação da divergência genotípica e fenotípica em várias espécies de hortaliças (RÊGO *et al.*, 2003; COSTA *et al.*, 2006; RAMOS, 2006). Várias técnicas podem ser utilizadas para estudar a variabilidade fenotípica e, dentre as mais utilizadas, destacam-se a análise de agrupamento e a análise de componentes principais (ACP). Alguns algoritmos de aplicação bastante geral tais como UPGMA, Ward e vizinho mais próximo são condicionados à propriedade de hierarquia dos grupos, que pode não existir de fato (SILVA *et al.*, 2014). A ACP, por sua vez, não apresenta tal problema, mas é restrita a variáveis quantitativas.

O escalonamento multidimensional (*MDS: Multi Dimensional Scaling*) é uma técnica de ordenação para redução dimensional, que permite dispor os indivíduos como pontos no espaço, geralmente, bi ou tridimensional (MANLY, 2004; BORG e GROENEN, 2005). Essa técnica bastante geral, pelo fato de operar diretamente sobre matrizes de dissimilaridade ou de similaridade, é especialmente útil nos casos em que a relação entre indivíduos é desconhecida, o que é comum em bancos de germoplasma, mas é possível estimar uma matriz de dissimilaridade entre os indivíduos. Utilizando análise de agrupamento e escalonamento multidimensional não métrico, Silva *et al.* (2014) identificaram cultivares de alho com diferentes características fenotípicas. Os autores verificaram que o escalonamento multidimensional foi ligeiramente mais eficaz em discriminar cultivares que o método UPGMA. A técnica MDS foi também utilizada em estudo de divergência genética em cacau (LEAL *et al.*, 2008), pau-papel (TELLES *et al.*, 2010), umbuzeiro (SANTOS *et al.*, 2008) e em bicho-mineiro (*Tuta absoluta*) em folha de tomate (BETTAÏBI *et al.*, 2012).

Este trabalho teve como objetivos caracterizar e estimar a divergência genética dentro de grupos pré-estabelecidos de populações F₃ de pimenteiras ornamentais, pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma da Universidade Federal da Paraíba, por meio de escalonamento multidimensional com base em descritores morfológicos quantitativos e qualitativos

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em casa de vegetação do Laboratório de Biotecnologia Vegetal, no *campus* do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (CCA-UFPB), Areia – PB, Brasil.

Foram avaliadas cinquenta plantas de cada uma das 8 populações F₃ de pimenteiras ornamentais F₂1 (P-1), F₂4 (P-2), F₂5 (P-3), F₂7 (P-4), F₂9 (P-5), F₂10 (P-6), F₂11 (P-7) e F₂31 (P-8), originadas do cruzamento entre os acessos 134 (P-9) e 77.2 (P-10), pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma do Laboratório de Biotecnologia Vegetal da UFPB.

A semeadura foi realizada em bandejas de poliestireno expandido, com duzentas células preenchidas com substrato comercial Plantmax HT[®]. Trinta e cinco dias após o semeio as plântulas foram transplantadas para vasos plásticos com capacidade volumétrica de 800 ml contendo substrato comercial Plantmax HT[®]. Diariamente as plantas foram regadas e em dias alternados receberam solução nutritiva elaborada com base em Furlani *et al.*, 1999, com a seguinte composição em g/1000 L: 1000 g de nitrato de cálcio; 1250 g de nitrato de potássio;

250 g de MKP; 500 g de sulfato de magnésio; 1,5 g de ácido bórico; 25 g quelatec AZ; 25 g de ultraferro; 110 g cloreto de potássio e 150 g de sulfato de potássio.com água e, em dias alternados, com solução nutritiva. Durante o período do experimento realizou-se o monitoramento de pragas e doenças e, foram tomadas medidas fitossanitárias com o objetivo preventivo de minimizar possíveis danos às plantas causados por pragas e doenças.

O delineamento experimental empregado foi inteiramente casualizado, com dois fatores (Populações x Anos), sendo 8 populações F₃ de pimenteira ornamental avaliadas em dois anos, 2013 e 2014.

A caracterização morfoagronômica foi realizada de acordo com as recomendações constantes nos descritores do gênero *Capsicum*, propostos pelo IPGRI (1995). A primeira avaliação foi realizada quando as plantas apresentaram mais da metade dos frutos em estágio de intermediário para maduro e a segunda avaliação um ano após a primeira. Foram utilizados 18 descritores morfológicos para planta (6 quantitativos e 12 qualitativos), APL – altura da planta, DDC - diâmetro da copa, APB - altura da primeira bifurcação, DCL - diâmetro do caule, CFL - comprimento da folha, LFL - largura da folha (todos em centímetro), CCL – cor do caule, PAN – presença de antocianina no nó, FCL – forma do caule, PCL - pubescência do caule, HCR – hábito de crescimento, DRA – densidade de ramificação, PEF – perfilhamento, DFL – densidade de folhas, CFL - cor das folhas, FFL – forma da folha, MLF – margem laminar da folha e PFL – pubescência da folha.

Para os frutos foram utilizados 18 descritores, 10 quantitativos e 8 qualitativos. Os quantitativos foram: CFR – comprimento do fruto, MADF – maior diâmetro do fruto, MEDF – menor diâmetro do fruto, CP – comprimento do pedúnculo, EP – espessura do pericarpo, CPL – comprimento da placenta, todos expressos em centímetros; CD - relação comprimento/diâmetro de fruto, adimensional, PFR – peso do fruto (em grama), TMS – teor de matéria seca, percentual, NSF – número de sementes por fruto. Os descritores qualitativos foram: CFI – cor do fruto imaturo, CEI - cor do fruto intermediário, CFM – cor do fruto maduro, PMA – presença de mancha de antocianina, FFR – forma do fruto, FAF – forma do ápice do fruto, FPF – forma de união do pedicelo com o fruto e PPC - forma de persistência do pedicelo com o caule.

Os dados foram submetidos à análise de variância multivariada de acordo com o modelo fatorial de dois fatores (*two-way MANOVA*). O efeito da interação entre populações e anos foi avaliado. Tendo-se detectado efeito de interação, a análise de divergência genética entre populações foi realizada separadamente para cada ano, por meio de análise de agrupamento e variáveis canônicas, tendo sido observada a formação de dois grupos de

populações no primeiro ano (grupo 1: populações P-1, P-2, P-3, P-4, P-6 e P-7; grupo 2: populações P-5 e P-8) e no segundo ano (grupo 1: populações P-1, P-5, P-6 e P-8; grupo 2: populações P-2, P-3, P-4 e P-7). Esta análise inicial de divergência entre populações pode ser encontrada no trabalho de Mesquita *et al.*, 2015 (ainda não publicado).

Em seguida, com base nos grupos de populações anteriormente descritos, foram estimadas as dissimilaridades entre genótipos dentro das populações, para cada ano de avaliação. Utilizou-se, para tal, o coeficiente de dissimilaridade de Gower (1971), com base na média aritmética dos caracteres quantitativos e no valor modal dos qualitativos. Foi realizado escalonamento multidimensional não métrico (nMDS) com base nas matrizes de dissimilaridade de Gower. Diagramas de dispersão foram construídos para apresentar as soluções nMDS no espaço bidimensional. O nível de ajuste do mapeamento nMDS foi calculado por meio do $Stress_1$ de Kruskal.

Todas as análises foram realizadas com o software R versão 3.0.3 (R Core Team, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas figuras 1 e 2, pode-se observar a dispersão das 8 populações de pimenteiras ornamentais no espaço bidimensional obtido mediante escalonamento multidimensional não-métrico (nMDS), para o primeiro e o segundo ano de avaliação, respectivamente.

No primeiro ano de avaliação, observou-se que as populações P-4, P-6 e P-7 foram as que apresentaram menor divergência genética intragrupo, pois os genótipos que compõem essas populações ficaram mais agrupados (Figura 1A). A menor distância entre os integrantes de cada uma dessas populações pode ser comprovada através de uma análise fenotípica, com a qual se pode observar a uniformidade existente entre os genótipos. Por exemplo, as plantas que compõem a população P-4 apresentam porte baixo, diâmetro de copa uniforme e frutos com pouca variabilidade de formato e tamanho, mas variando principalmente quanto a coloração, confirmando assim a baixa variabilidade da população.

Ainda na Figura 1A, percebe-se que os genótipos integrantes da população P-6 formam grupo bem distinto em relação ao comportamento observado nas demais populações. Todos os genótipos da população P-6 apresentam uma maior uniformidade para as características morfológicas de planta, flores e frutos, evidenciando a não existência de segregação dentro desta população. De forma similar, a população P-7 apresentou pequena

variação quanto às características morfológicas avaliadas, o que também caracteriza uma pequena segregação para as características estudadas.

Já a população P-3 apresentou certa uniformidade porém alguns indivíduos desta população se apresentaram mais dispersos evidenciando uma maior diversidade dentro desta população (Figura 1A).

Por outro lado, a maior divergência genética intragrupo foi observada nas populações P-1 e P-2. Os genótipos que formam essas populações apresentam variações acentuadas para as características morfoagronômicas estudadas, o que justifica a dispersão observada na Figura 1A. As populações P-1, P-4 e P-7 apresentaram considerável sobreposição gráfica de genótipos entre si, o que também ocorreu entre alguns indivíduos das populações P-2 e P-3, o que provavelmente seja devido a segregação dos genótipos que compõem estas populações, fato esse compreensível, pois trata-se de populações F_3 originada de pais comuns.

A figura 1B apresenta a distribuição gráfica das populações P-5 e P-8, integrantes do segundo grupo de populações. Apesar da distância apresentada entre essas duas populações, dentro de cada uma delas, os genótipos se mostraram bastante uniformes para as características avaliadas, sendo que aqueles que formaram a população P-5 apresentaram porte menor e características de folhas e frutos muito parecidas entre si, enquanto que, nos genótipos da população P-8, as plantas se destacam por serem mais altas e muito uniformes, o que justifica o distanciamento gráfico observado. A uniformidade interna apresentada pelas populações P-4, P-6, P-7, P-5 e P-8, é indicativo de que os genótipos delas apresentam aptidão para a utilização em futuros programas de melhoramento de pimenteiras ornamentais.

Para o segundo ano de avaliação, o primeiro grupo foi constituído pelas populações P-1, P-5, P-6 e P-8 (Figura 2A), e o segundo pelas populações P-2, P-3, P-4 e P-7 (Figura 2B). Assim, pode-se observar que houve diferença entre o comportamento das populações de acordo com o ano de avaliação. Apesar do arranjo das populações em grupos distintos no segundo ano pode-se observar que o comportamento dos genótipos que formaram as populações P-4, P-6, P-7 e P-8 pouco se modificou com o tempo, com exceção do que se observou nos genótipos da população P-5 que se apresentou mais dispersa no segundo ano, sugerindo uma maior interação genótipo x ambiente.

Além de ter sido capaz de facilitar expressivamente o exame da matriz de dissimilaridade entre elevado número de genótipos, o escalonamento multidimensional não métrico em duas dimensões permitiu identificar de forma eficaz a variabilidade entre e dentro de populações F_3 , com base tanto em descritores morfológicos quantitativos quanto em qualitativos. Bento *et al.*, (2007) chama a atenção para as vantagens que as variáveis multi-

categóricas apresentam em relação às quantitativas por serem mais fáceis de observar e de pouparem tempo e trabalho. Rego *et al.* (2011a), trabalhando com uma população segregante F_2 , também constataram a existência de diversidade. Os autores verificaram que a divergência estava associada, principalmente, a altura da planta e ao diâmetro da copa. Resultados similares também foram encontrados por Barroso *et al.* (2012). Moura *et al.* (2010) também detectaram variabilidade fenotípica entre 56 acessos de pimenteira, com base em descritores morfoagronômicos e utilizando a estimativa da distância genética com base no algoritmo de Gower.

Rêgo *et al.* (2012), trabalhando com uma população segregante F_2 , identificou a formação de cinco grupos distintos com base em 11 características multicategóricas. Nascimento *et al.* (2015), utilizando a distância euclidiana normalizada como medida de dissimilaridade para características quantitativas de 324 genótipos, obtiveram a formação de 50 grupos distintos.

A formação de subgrupos e a divergência genética apresentada representam uma importante informação para a seleção dentro de grupos de populações visando avançar gerações, pois as novas populações devem ser formadas baseadas nas características de maior importância que se deseja selecionar.

Não obstante, a análise da divergência genética entre populações F_3 não é suficiente para selecionar indivíduos contrastantes em programas de melhoramento, pois muitas destas populações apresentaram variabilidade genética interna, isto é, entre seus genótipos, bastante expressiva, sendo recomendado que se realize a seleção dos genótipos com as melhores características para aptidão ornamental, com a finalidade de avanço para futuras gerações.

REFERÊNCIAS

ALBRECHT, E.; ZHANG, D.; SAFTNER, R.A.; STOMMEL, R.J. Genetic diversity and population structure of *Capsicum baccatum* genetic resources. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v.59, p.517–538, 2012.

BARBÉ, T.C.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; GONÇALVES, L.S.A.; RODRIGUES, R.; SCAPIM, C.A. Association between advanced generations and genealogy in inbred lines of snap bean by the ward-modified location model. **Euphytica**, v.173, n.3, p.337-343, 2010.

BENTO, C.S.; SUDRÉ, C.P.; RODRIGUES, R.; RIVA, E.M.; PEREIRA, M.G. Descritores qualitativos e multicategoricos na estimativa da variabilidade fenotípica entre acessos de pimenta. **Scientia Agrária**, v.8, p.146-153, 2007.

BÜTTOW, M. V.; BARBIERI, R.L.; NEITZKE, R. S.; HEIDEN, G.; CARVALHO, F. I. F. Diversidade genética entre acessos de pimentas e pimentões da Embrapa Clima Temperado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.6, p.1264-1269, 2010.

CARVALHO, S. I. C.; BIANCHETTI, L. B. **Pimenta (*Capsicum spp.*):** botânica. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2007. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pimenta/Pimenta_capsicum_spp/botanica.html>. Acesso em: 05 fev. 2014.

COSTA, F. R.; PEREIRA, T.N. S.; VITÓRIA, A.P.; CAMPOS, K. P.; RODRIGUES, R.; SILVA, D. H.; PEREIRA, M.G. Genetic diversity among *Capsicum* accessions using RAPD markers. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.6, p.18-23, 2006.

GONÇALVES, L. S.; RODRIGUES, R.; AMARAL JUNIOR, A.T.; KARASAWA, M. Comparison of multivariate statistical algorithms to cluster tomato heirloom accessions. **Genetics and Molecular Research**, v.7, p.1289-1297, 2008.

GONÇALVES, L. S. A.; RODRIGUES, R.; AMARAL JUNIOR, A. T.; KARASAWA, M.; SUDRÉ, C. P. Heirloom tomato gene bank: assessing genetic divergence based on morphological, agronomic and molecular data using a Ward-modified location model. **Genetics and Molecular Research**, v.8, p.364-374, 2009.

GOWER, J. C. A general coefficient of similarity and some of its properties. **Biometrics**, v.27, p.623-637, 1971.

HILL, T. A., ASHRAFI, H., WO, R.C.S., YAO, J., STOFFEL, K., TRUCO, J.M., KOZIK, A., MICHELMORE, R.W., DEYNZE, A.V. Characterization of *Capsicum annuum* Genetic Diversity and Population Structure Based on Parallel Polymorphism Discovery with a 30K Unigene Pepper GeneChip. **Plos One**, v.8, p.1-16, 2013.

INTERNATIONAL PLANT GENETIC RESOURCES INSTITUTE. **Descriptors for *Capsicum* (*Capsicum spp.*)**. Rome, 1995. 49p.

MONTEIRO, E.R.; BASTOS, E.M.; LOPES, A.C.A.; GOMES, R.L.F.; NUNES, J.A.R. Diversidade genética entre acessos de espécies cultivadas de pimentas. **Ciência Rural**, v.40, n.2, p.288-293, 2010.

NASCIMENTO, K. O.; VICENTE, J.; SALDANHA, T.; BARBOSA JÚNIOR, J. L.; BARBOSA, M. I. M. J. Caracterização química e informação nutricional de geleia de pimenta Cambuci orgânica (*Capsicum baccatum* L.). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.7, p.283-288, 2012.

NEITZKE, R. S.; BARBIERI, R. L.; HEIDEN, G.; CASTRO, C. M. Divergência genética entre variedades locais de *Capsicum baccatum* utilizando caracteres multicategóricos. **Magistra**, v.20, p. 249-255, 2008.

PICKERSGILL, B. Genetic resources and breeding of *Capsicum* spp. **Euphytica**, Wageningen, v. 96, p.29-133, 1997.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2013. Disponível em: <http://www.R-project.org/>. Acesso em: 06 mar., 2014.

RÊGO, E.R.; RÊGO, M.M.; CRUZ, C.D. Herança de caracteres quantitativos em pimenta (*Capsicum baccatum*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 2003, Porto Seguro-BA, **Anais...** Porto Seguro: Centro de Convenções do Descobrimento. 2003.

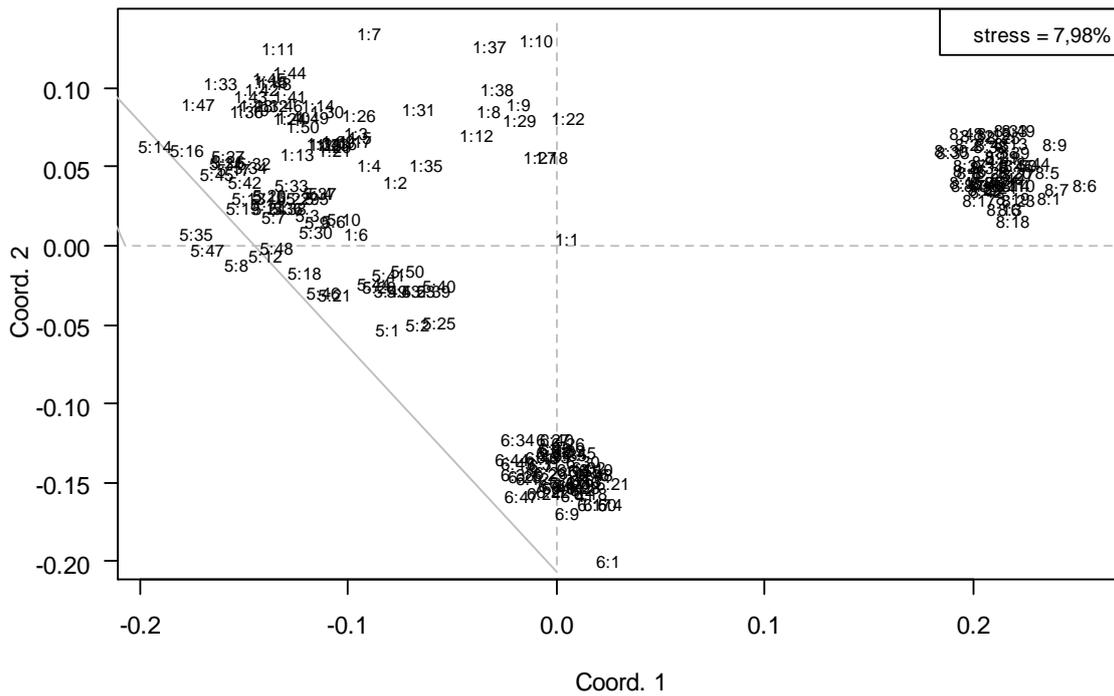
REGO, E. R.; RÊGO, M. M.; SILVA, D. F.; CORTEZ, R. M.; SAPUCAY, M. J. L. C.; SILVA, D. R.; SILVA JUNIOR, S. J. Selection for leaf and plant size and longevity of ornamental peppers (*Capsicum* spp.) grown in greenhouse condition. **Acta Horticulturae**, v.829, p.371-375, 2009a.

RÊGO, E. R.; RÊGO, M. M.; CRUZ, C. D.; FINGER, F. L.; CASALI, V. W. D. A diallel study of yield components and fruit quality in chilli pepper (*Capsicum baccatum*). **Euphytica**, v.168, p.275–287, 2009.

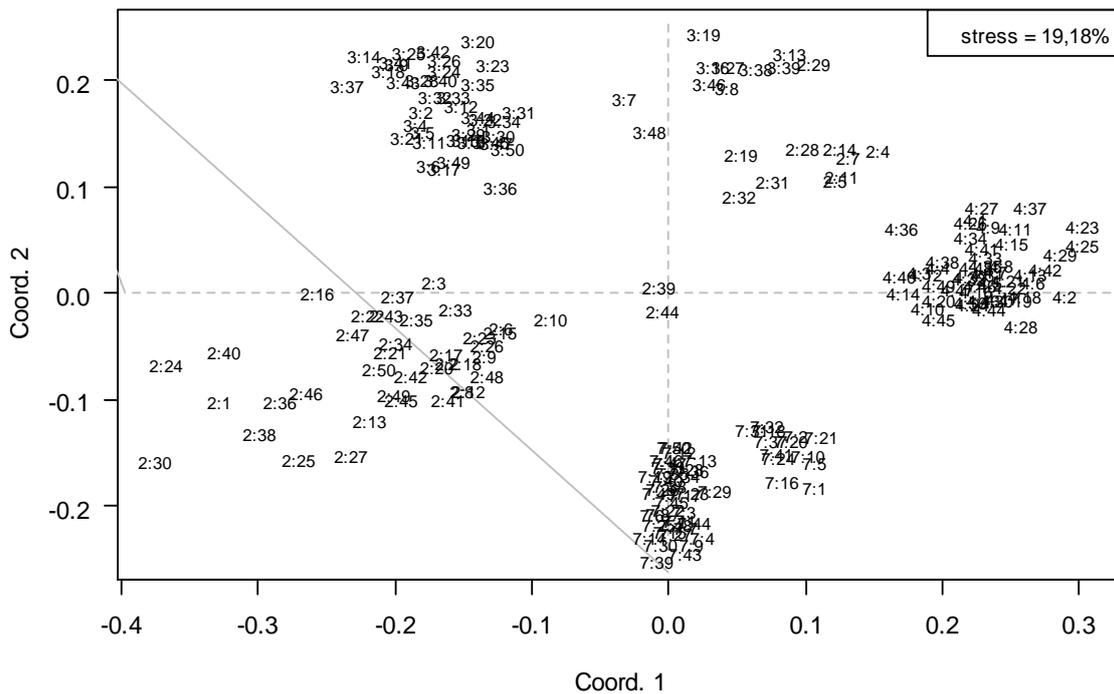
RÊGO, E. R.; RÊGO, M. M.; CRUZ, C. D.; FINGER, F. L.; CASALI, V. W. D. Phenotypic diversity, correlation and importance of variables for fruit quality and yield traits in Brazilian peppers (*Capsicum baccatum*). **Genetics Resources and Crop Evolution**, v.58, p.909-918, 2011a.

RÊGO, E. R.; RÊGO, M. M.; MATOS, I. W. F.; BARBOSA, L. A. Morphological and chemical characterization of fruits of *Capsicum* spp. accessions. **Horticultura Brasileira**, v.29, p.364-371, 2011b.

SUDRÉ, C. P.; RODRIGUES, R.; RIVA, E. M.; KARASAWA, M.; AMARAL JUNIOR, A. T. Divergência genética entre acessos de pimenta e pimentão utilizando técnicas multivariadas. **Horticultura brasileira**, v. 23, n. 1, p. 22-27, 2005.



A



B

Figura 2. Dispersão no espaço bidimensional de disparidades de genótipos de pimenteiros F₃ do grupo A) formado pelas populações P-1, P-5 , P-6 e P-8; e B) populações P-2, P-3, P-4 e P-7. Segundo ano de avaliação, Areia-PB, 2015.

ANEXOS



POPULAÇÃO 1



POPULAÇÃO 2



POPULAÇÃO 3



POPULAÇÃO 4



POPULAÇÃO 5



POPULAÇÃO 6



POPULAÇÃO 7



POPULAÇÃO 8



POPULAÇÃO 9



POPULAÇÃO 10



POPULAÇÃO 11

POPULAÇÃO 12

POPULAÇÃO 13