



**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA - INPA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA NO TRÓPICO ÚMIDO -**  
**PPGATU**

**ANÁLISE GENÉTICA EM VARIEDADES CRIOULAS DE PIMENTA MURUPI**  
**(*Capsicum Chinense* Jacq.) DA AMAZÔNIA.**

**Cecília Miranda Magno de Araújo**

**Manaus – Amazonas**

**Junho/2013**

**Cecília Miranda Magno de Araújo**

**ANÁLISE GENÉTICA EM VARIEDADES CRIOULAS DE PIMENTA MURUPI  
(*Capsicum Chinense* Jacq.) DA AMAZÔNIA.**

**ORIENTADOR: DR. DANILO FERNANDES DA SILVA FILHO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura no Trópico Úmido, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias.

**Manaus – Amazonas**

**Junho/2013**

## AGRADECIMENTOS

A Deus pelo amor, força, energia e pela oportunidade de obter um título importante para o futuro da minha carreira profissional;

Ao Dr. Danilo Fernandes da Silva Filho pelo apoio, incentivo, orientação para que este trabalho de pesquisa fosse realizado;

Aos Engenheiros M.Sc. Jorge Emídio e Manoel Ronaldo nas análises estatísticas dos dados para realização dessa dissertação;

Aos servidores da Estação Experimental Alejo von der Pahlen do INPA, pela colaboração na instalação e condução do experimento em campo;

Ao programa de Pós-Graduação em Agricultura no Trópico Úmido pelo apoio inestimável que tem prestado aos alunos vinculados ao Curso;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos; À Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP, por meio do projeto “Conservação e Melhoramento de Recursos Genéticos Vegetais Aplicados a Sustentabilidade da Agricultura Familiar /CONGEV”, pelos recursos para a realização da pesquisa;

À minha família pelo incentivo e preocupação excessivos, durante este período da minha vida.

Às amigas Érica Marialva e Rafaela Serudo por todos os momentos de convívio durante o mestrado, que foram maravilhosos;

A todos os colegas que viveram comigo essa fase da minha história acadêmica;

Ao meu marido Joaldo Bezerra pelo apoio, compreensão e carinho dirigidos a mim nesse momento da vida.

*(...) Destes avaros mofinos,  
Que põem na mesa pepinos,  
De toda iguaria isenta,  
Com seu limão e pimenta,  
Porque diz que o queira e arde:  
Deus me guarde!*

**Gregório de Matos**

## ANÁLISE GENÉTICA EM VARIEDADES CRIOULAS DE PIMENTA MURUPI (*Capsicum Chinense* Jacq.) DA AMAZÔNIA.

**Resumo** - A pimenta murupi (*Capsicum chinense* Jacq.) é a espécie condimentar pungente mais cultivada e consumida na Amazônia. Em virtude da grande necessidade de conservar este recurso genético, estudos sobre sua diversidade estão sendo fundamentais para o sucesso dos programas de melhoramento genético dessa espécie. Este trabalho teve o objetivo de analisar a variabilidade genética de 20 variedades crioulas de pimenta murupi, originárias de diferentes regiões da Amazônia. O experimento foi realizado na Estação Experimental de Hortaliças do INPA, em Manaus, AM, em solo do tipo Argissolo Vermelho-Amarelo álico, textura arenosa. Adotou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso com 20 tratamentos (as variedades de pimentas) e com três repetições. A unidade experimental foi constituída por cinco plantas úteis de cada parcela. Para a caracterização das variedades foram utilizados nove descritores quantitativos: diâmetro do caule (DC), Altura da planta (AP), largura da copa (LC), comprimento do fruto (CF), diâmetro do fruto (DF), espessura da parede do fruto (EPF), número de frutos/planta (NMF), massa média de frutos (MMF) e massa estimada dos frutos (MEF). Sobre os dados quantitativos procederam-se análises uni e multivariadas, estimativas das medidas de dissimilaridade, coeficientes de correlações fenotípica ( $r_F$ ), genotípica ( $r_G$ ) e de ambiente ( $r_A$ ), agrupamento entre as variedades crioulas de pimenta (VCPs), usando as Distâncias Generalizadas de Mahalanobis ( $D^2$ ) e o Método do Vizinho mais Próximo (VMP). As análises de variância detectaram diferenças significativas entre todos os caracteres avaliados. Com o número de 685,5g frutos por planta<sup>-1</sup> e produção estimada de frutos de 1919,4 g planta<sup>-1</sup>, a VCP17 originária do município Amazonense de Manicoré se destacou entre as demais. As maiores e menores distâncias genéticas foram verificadas, respectivamente, entre a VCP17 e VCP5 (146136,02) e VCP4 e VCP8 (870,52), originárias de Manicoré e São Sebastião do Uatumã, e São Gabriel da Cachoeira e Putumayo. No dendrograma formado por meio de um corte no eixo  $x$  a 50% de distância relativa entre as VCPs, seis grupos foram identificados com base no método VMP. O grupo I se constituiu em um grande grupo, reunindo 50% das VCPS. Os grupos IV, V e VI, isolados foram representados, respectivamente, pelas VCP18, VCP27 e VCP22, procedentes de Carauari/AM, Yurimagua/Peru e Canutama/AM. A característica que mais diferenciou a VCP18 das outras foi o tamanho dos frutos, acima de 6 cm. Os 36 pares de caracteres associados apresentaram coeficientes de correlações fenotípica ( $r_F$ ) e genética ( $r_G$ ) com os mesmos sinais e níveis semelhantes de significâncias e superiores. Em 100% dos casos as correlações  $r_G$  e  $r_F$  foram superiores às correlações de ambiente. Entre os componentes de produtividade, uma correlação muito forte entre o número de frutos por planta (NFT) e massa estimada de frutos (MEF) ( $r_G = 0,96^{**}$ ) foi significativa em nível de 1% de probabilidade. No geral os caracteres AP, LC, EP, e CF, foram responsáveis para o rendimento no número e produção estimada de frutos. Com esta base genética encontrada nessas VCPs, genótipos podem ser selecionados para o cultivo imediato pelos agricultores familiares do estado do Amazonas e para usá-los em programas de melhoramento genético da pimenta para a Amazônia.

**Palavras-chave:** Pimentas, recursos genéticos, descritores morfoagronômicos, variabilidade genética

## GENETIC ANALYSIS IN LANDRACES OF MURUPI PEPPER (*Capsicum Chinense* Jacq.) OF AMAZONIA.

**Abstract** - The Murupi pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) is a pungent species more cultivated and consumed in the Amazon. Because of this great need to conserve genetic resources, studies of diversity are fundamental to the success of breeding programs of this species. This study aimed to analyze the genetic variability of 20 landraces Murupi pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) originating from different regions of the Amazon. The experiment was conducted at the Experimental Station of Vegetables INPA in Manaus, AM, on soil type Acrisol Alic, sandy texture. We adopted the experimental design of randomized blocks with 20 treatments (varieties of peppers) with three replications. The experimental unit consisted of five plants in each plot. For the characterization of varieties were nine quantitative descriptors: Shoot diameter (DC), plant height (PH), crown width (CW), fruit length (FL), fruit diameter (FD), thickness of the fruit wall (EPF), number of fruits / plant (MFN), average fruit weight (MMF) and the estimated mass of fruits (MEF). On quantitative data conducted univariate and multivariate estimates of dissimilarity measures, phenotypic correlation coefficients ( $r_F$ ), genotypic ( $r_G$ ) and environmental ( $r_A$ ), clustering between landraces pepper (VCPs), using the generalized Mahalanobis distances (D2) and the Nearest Neighbor method (VMP). The analysis of variance detected significant differences between all traits. With the number of 685.5 plant<sup>-1</sup> and estimated production of fruits de1919, 4 g plant<sup>-1</sup>, the original VCP17 the Amazonian city of Manipur stood out among the others. The biggest and smallest genetic distances were found, respectively, between VCP17 and VCP5 (146,136.02) and VCP4 and VCP8 (870.52), originating in Manipur and Uatumã São Sebastião and São Gabriel da Cachoeira and Putumayo. In the dendrogram formed by a cut in the x-axis of 50% relative distance between the VCPs six groups were identified by the method VMP. Group I constituted a large group, meeting 50% of VCPS. Groups IV, V and VI isolates were represented respectively by VPC18, VCP27 and VPC22, coming from Carauari / AM, Yurimagua / Peru and Canutama / AM. The feature that most distinguished VCP18. The other was the size of the fruit, above 6 cm. The 36 sets of coefficients associated characters presented Phenotypic ( $r_F$ ) and genetic ( $r_G$ ) with the same signs and similar levels of significance and higher. In 100% of cases and  $r_F$   $r_G$  correlations were higher than the correlations environment. Among yield components, a very strong correlation between the number of fruits per plant (NFT) and the estimated mass of fruits (MEF) ( $r_G = 0.96^{**}$ ) was significant at the 1% level of probability. Overall the characters AP, LC, EP, and CF were responsible for yield in number and estimated production of fruits. With this genetic basis found these VCPs, genotypes can be selected for immediate cultivation by farmers of the state of Amazonas and to use them in breeding programs pepper to Amazon.

**Keywords:** Peppers, plant genetic resources, morpho agronomics descriptors, genetic variability.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>ix</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>x</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>13</b>
2.1. Objetivo geral.....	13
2.2. Objetivos específicos .....	13
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>14</b>
3.1. Importância sócio-econômica das pimentas do gênero <i>Capsicum</i> .....	14
3.2. Aspectos botânicos e distribuição geográfica das pimentas do gênero <i>Capsicum</i> .....	16
3.3. Recursos genéticos vegetais e conservação ex situ de germoplasma de <i>Capsicum</i> .....	20
3.4. Melhoramento genético em espécies crioulas do gênero <i>Capsicum</i> .....	21
3.5. Avaliação dos descritores agronômicos nas variedades crioulas de <i>Capsicum chinense</i> .....	24
3.6. Análise multivariada para avaliação da divergência genética de <i>C. chinense</i> .....	25
3.7. Uso de correlações fenotípica, genotípica e ambiental em seleção de caracteres associados. ....	27
<b>4 . MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>31</b>
4.1. Germoplasma .....	31
4.2. Caracterização da área experimental .....	32
4.3. Formação das mudas.....	32
4.4. Preparo da área experimental .....	33
4.5. Adubações mineral e orgânica .....	33
4.6. Transplante e tratos culturais.....	33
4.7. Colheita .....	33
4.8. Delineamento experimental .....	34
4.9. Características agronômicas avaliadas.....	34
4.9.1 Caracterização da parte vegetativa das plantas.....	34
4.9.2 Avaliação dos caracteres do frutos.....	35
4.9.3 Avaliação dos componentes de produção.....	35
4.10. Procedimentos estatísticos .....	35
4.10.1. Análises univariadas.....	35

4.10.2. Análises multivariadas.....	36
4.10.2.1. Medidas de dissimilaridades e agrupamento.....	36
4.10.2.2 Estimativas das correlações entre caracteres.....	36
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>37</b>
5.1 Avaliação das características morfoagronômicas de 20 variedades crioulas de pimenta (VCPs) murupi. ....	37
5.2 Análise das dissimilaridades de 20 variedades crioulas de pimenta murupi estimadas pelas distâncias Generalizadas de Mahalanobis (D2). Manaus, AM, 2013.....	40
5.3 Agrupamentos envolvendo as 20 pimenteiras em função de suas distâncias genéticas. ....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
5.4 Correlações Genotípicas ( $r_G$ ), Fenotípica ( $r_F$ ) e Ambiental ( $r_A$ ) .....	44
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>47</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>48</b>

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Distribuição das espécies e variedades intra-específicas do gênero <i>Capsicum</i> em diferentes categorias, conforme grau de domesticação.....	19
TABELA 2	Valores médios avaliados em caracteres quantitativos de variedades crioulas de pimenta murupi ( <i>Capsicum chinense</i> ) da Amazônia.....	37
TABELA 3	Dissimilaridades entre variedades crioulas de pimenta murupi ( <i>C. chinense</i> ) estimadas pelas Distâncias Generalizadas de Mahalanobis ( $D^2$ ).....	40
TABELA 4	Estimativa dos coeficientes de Correlação Fenotípica ( $r_F$ ) Genotípica ( $r_G$ ), e Ambiental ( $r_A$ ), em caracteres Diâmetro do Caule (DC), Altura da Planta (AP) Largura da Copa (LC), Comprimento do Fruto (CF), Diâmetro do Fruto (DF), Número de Frutos por Planta (NF), Massa Média do Fruto (MMF), Espessura da Polpa (EP) e Massa Estimada de Frutos (MEF) em 20 variedades crioulas de pimenta murupi ( <i>C. chinense</i> ).....	44

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Produtos obtidos de pimentas diversas.....	14
FIGURA 2	1 A, pimenta murupi; 1B, pimenta murici-do-Pará; 1C, pimenta de cheiro e 1D, pimenta olho-de-peixe.....	18
FIGURA 3	Origem e localização geográfica de 20 variedades crioulas de pimenta murupi.....	31
FIGURA 4	Mudas de pimenta Murupi com 35 dias.....	32
FIGURA 5	Dendrograma de dissimilaridades genéticas entre 20 variedades crioulas de pimenta murupi, obtido pelo método do Vizinho mais Próximo, com base nas distâncias generalizadas de Mahalanobis ( $D^2$ ), a partir de nove caracteres quantitativos.....	41

## 1. INTRODUÇÃO

A pimenta murupi (*Capsicum chinense* Jacq.) pertence à família Solanaceae e é uma espécie muito cultivada e consumida na Amazônia (Silva filho *et al.*, 2012). O nome da espécie foi dado pelo físico e botânico holandês Nikolaus Joseph von Jacquin, em 1776, mesmo sabendo, na época, que todas as espécies de *Capsicum* tivessem como centro de origem o hemisfério ocidental (Bosland e Votava, 1999).

O mercado de pimentas do Gênero *Capsicum* é estimado em 80 milhões de reais ao ano, e com grande potencial de crescimento em todos os continentes (EMBRAPA, 2008). Dados da Associação Brasileira do Comércio de Mudanças e Sementes asseguram que o Brasil cultivou uma área de 1979,89 hectares de pimentas (doce e ardida) e comercializou o equivalente a 590,12 kg de sementes (ABCSEM, 2011). Sob o ponto de vista social este segmento do agronegócio da pimenta é muito importante para geração de renda e emprego para os trabalhadores rurais brasileiros. Além do mercado interno, parte da produção brasileira é exportada de diferentes formas: páprica, pasta, desidratada e conservas ornamentais (EMBRAPA, 2008).

Variedades crioulas de *Capsicum spp.* são bastante cultivadas na no Brasil, sendo os tipos mais comuns à pimenta dedo-de-moça ou pimenta vermelha e pimenta cambuci ou pimenta chapéu-de-padre. Muitos agricultores cultivam as variedades crioulas de *Capsicum*, que são resultados de vários ciclos de seleção por eles realizada. Estes recursos genéticos vêm sofrendo ação da erosão genética, devido à substituição de culturas ou abandono da atividade agrícola. Em função da grande importância de conservar esse germoplasma, estudos sobre a diversidade de *C. chinense* são fundamentais para o sucesso dos programas de conservação de recursos e de melhoramento genético vegetal dessa espécie (Neitzke *et al.*, 2008).

Pino *et al.* (2007) determinaram os capsaicinóides totais, cor e compostos voláteis de dez pimentas habanero, um dos tipos mais cultivados em Yucatan, no México. Fonseca *et al.* (2008) caracterizaram, com o uso de 51 descritores morfológicos, a diversidade genética de 38 acessos de *C. chinense* coletados no Alto Rio Negro, AM. Jarret e Berke (2008) examinaram e documentaram a variação morfológica presente em frutos de 330 acessos de *C. chinense* da coleção de germoplasma do Departamento de Agricultura de Griffin, GA, Estados Unidos. Castro e Dávila (2008) realizaram a caracterização morfológica de 93 acessos de *Capsicum* do banco de germoplasma da Universidade Nacional da Colômbia.

Antonious *et al.* (2009) avaliaram a variação de pungência entre 63 acessos de *C. chinense* de diferentes países, incluindo do Brasil. Silva Filho *et al.* (2009) estudaram a diversidade fenotípica em vinte etnovarietades de pimenteiros cultivadas na Amazônia. Essas coleções de *C. chinense* avaliadas deram uma amostra da variabilidade existente em *C. chinense* no mundo e sua importância para os programas de melhoramento da espécie para o mundo.

A caracterização de espécies do Gênero *Capsicum* é de grande interesse, particularmente para os Bancos de Germoplasma, visto que a ampla variabilidade existente na espécie ainda não está inteiramente conhecida e explorada (Sudré *et al.*, 2010). As coleções brasileiras não contemplam as espécies semi-domesticadas e silvestres (Reifschneider, 2000). As espécies silvestres são potenciais fontes de genes de importância econômica tais como resistência a doenças, sabor, aroma, cor, tipo de fruto e produtividade. No entanto as informações pertinentes são escassas, isso porque ainda existe uma enorme quantidade de espécies silvestres e semi-domesticadas de *Capsicum* sem a devida caracterização e avaliação (Silva Filho, 2012).

A prática de avaliação e conservação de germoplasma é fundamental para a conservação dos recursos genéticos e para o processo de melhoramento que é altamente dependente da amplitude da base genética disponível (Queiroz e Lopes, 2007). A caracterização e a avaliação dos acessos dos BAGs proporcionam melhor conhecimento do acervo disponível e permitem a identificação dos acessos duplicados, o estabelecimento de coleções nucleares e a identificação dos modos de reprodução predominantes nos acessos, bem como da ocorrência ou não de variabilidade intrínseca em acessos individuais (Valls, 2007).

Em termos gerais, a caracterização pode ser morfológica, reprodutiva, agrônômica, bioquímica, citogenética e molecular (Valois *et al.*, 2001). Independentemente da técnica utilizada, a caracterização deve ser feita a fim de garantir o conhecimento prévio das espécies conservadas dispondo-a de uma forma mais efetiva para a utilização.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

Analisar a divergência genética entre 20 variedades crioulas de pimenta murupi (*Capsicum chinense* Jacq.) originárias de diferentes regiões da Amazônia.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Estimar o rendimento em produtividade das diferentes variedades de pimenta com base em suas características morfoagronômicas;
- Estimar os coeficientes de correlação genética, fenotípica e ambiental entre caracteres métricos das partes vegetativa e produtiva para usar no melhoramento das variedades de pimenteiros da Amazônia;
- Quantificar os níveis de dissimilaridades genéticas entre as diferentes variedades de pimenta para selecionar genótipos para usar em futuros programas de melhoramento da espécie no Estado do Amazonas.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. Importância sócio-econômica das pimentas do gênero *Capsicum*

As pimentas do gênero *Capsicum* são amplamente cultivadas no mundo, sendo utilizadas como matéria-prima para as indústrias alimentícia, farmacêutica e cosmética (Yamamoto; Nawata 2005; Bento *et al.* 2007). As pimentas são de grande importância agrícola, utilizadas como constituintes de saladas e temperos (figura 1). Países latino-americanos, como Peru e México, são reconhecidos pela utilização destes frutos em sua culinária tradicional (Tofanelli *et al.* 2003). No Japão, um produto especial chamado *koregusu* é feito pelo embebedimento de frutos maduros de *C. frutescens* em *shochu*, sendo este usado para dar sabor a macarrão e outros alimentos. Os frutos maduros e às vezes imaturos de *C. frutescens* substituem a planta *Wasabia japonica* (Miq.) Matsum, sendo misturados a um molho de soja, que é usado para se comer com peixe cru (Yamamoto e Nawata, 2005).



Figura 1 – Produtos obtidos de pimentas diversas.

As pimentas são especiais para a produção de condimentos, devido a características como cor dos frutos e princípios ativos, que lhes conferem aroma e sabor. Do ponto de vista social, o agronegócio de pimenta tem importância, principalmente, em função de requerer grande quantidade de mão-de-obra, em especial durante a colheita.

Além disso, o mercado de pimenta abrange a comercialização de frutos para consumo *in natura* e conservas caseiras até a exportação de páprica, pó de pimentão ou pimenta doce madura vermelha. Os frutos de pimentas picantes podem ser desidratados e comercializados inteiros, em flocos (calabresa) e em pó (páprica picante) ou, ainda, em conservas e em molhos líquidos (Moreira, 2006). As pimenteiras também estão sendo utilizadas como plantas ornamentais, em razão da folhagem variegada, do porte anão e dos frutos com diferentes cores no processo de maturação (Moreira, 2006).

No mundo, de toda a área cultivada com pimentas da espécie *C.chinense*, aproximadamente 89% está no Continente Asiático, com as principais áreas de cultivo localizadas na Índia, Coréia, Tailândia, China, Vietnã, Sri Lanka e Indonésia. Os Estados Unidos e o México respondem por cerca de 7% do total mundial e por último, 4% da área cultivada está nos países da Europa, África e Oriente Médio (Rufino e Enteadado, 2006).

Os dados mundiais de produção de *Capsicum*, quando disponíveis, englobam pimentas e pimentões. Em 2009, a produção mundial *in natura* e de desidratados foi de 31,44 milhões de toneladas em 3,71 milhões de hectares, com produtividades médias de 15,2 t ha<sup>-1</sup> e 1,61 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. A maior diversidade de dados é originária do continente asiático, devido à importância econômica que a cadeia produtiva de *Capsicum* naquele continente.

Atualmente a Ásia obtém a maior produção mundial, com 20,97 milhões de toneladas em 2,36 milhões de hectares e produtividade média de 16,99 t ha<sup>-1</sup>. Nesse cenário a Índia destaca-se como grande produtora e também consumidora, pois emprega cerca de 90% do que produz. Em 2003, o país produziu 4,5 milhões de toneladas de pimenta *in natura* em 945,5 mil hectares, mas com baixa produtividade, de apenas 4,7 t ha<sup>-1</sup>. Para *Capsicum* desidratados, destacou-se o alto rendimento do Peru, com 7,67 t ha<sup>-1</sup>, quando comparado com a média asiática, de 1,7 t ha<sup>-1</sup> (EMBRAPA, 2008).

No Brasil, a produção de pimenta vem crescendo muito nos últimos anos, com cultivos em regiões de clima subtropical como no Sul, ou tropical como no Norte e Nordeste. Os principais Estados produtores são Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Ceará e Rio Grande do Sul (Rufino e Penteadado, 2006). Pelos dados do Ministério da Agricultura, o volume das exportações brasileiras atingiu 38.424 t em 2005. Em contrapartida, as importações foram de 363 t, beneficiando assim a balança comercial brasileira.

Vem aumentando a demanda por novas cultivares que associem resistência às pragas e doenças, qualidade e produtividade, sobretudo para atender o processamento industrial (Bento, 2007). Um exemplo disso ocorre no Ceará, com a empresa Agropecuária Avaí 956, que desde 1998, vem trabalhando na produção e beneficiamento da polpa de pimenta malagueta (*Capsicum frutescens*) destinada a exportação para o mercado norte-americano (AGROINDÚSTRIA TROPICAL, 2001).

### **3.2. Aspectos botânicos e distribuição geográfica das pimentas do gênero *Capsicum***

A palavra *Capsicum* tem origem do grego *kapso*, que significa picar e *kapsakes* que por sua vez significa cápsula (Nuez *et al.*, 1996). No Sistema de Classificação de Cronquist (1981), pertencem à Divisão Magnoliophyta, Classe Magnoliopsida, Subclasse Asteriadae, Ordem Solanales, Família Solanaceae. O gênero *Capsicum* é constituído de plantas tipicamente herbáceas, de tamanho variado de acordo com a espécie e as condições de cultivo, principalmente temperatura e irrigação. Suas folhas podem variar em formato, coloração, tamanho e pilosidade. As flores são tipicamente hermafroditas e preferencialmente autógamas. Os frutos são do tipo baga e oco, com espessura da polpa variando entre as variedades.

Moscone *et al.* (2007) consideram como características cariológicas, a distribuição geográfica e a monofilia das espécies *Capsicum* existentes, admitindo que primeiro surgiu um ancestral em uma região semi-árida sul-central da Bolívia, designada por área núcleo. Nesta área, o ancestral de *C. chacoense*, considerada a mais antiga das espécies do gênero.

Quatro centros de distribuição podem ser reconhecidos para *Capsicum*: (1) a região compreendida pelo sul dos Estados Unidos da América e México até o oeste da América do Sul (Peru: 12 espécies); (2) região nordeste do Brasil e região costeira da Venezuela; (3) região costa leste do Brasil (10 espécies); e (4) região central da Bolívia e Paraguai ao norte e centro da Argentina (8 espécies); o maior número de espécies está concentrado no Brasil (Moscone *et al.*, 2007).

A espécie *Capsicum chinense*, foi originalmente encontrada, na bacia do rio Amazonas, por isso é considerada a mais brasileira de todas as pimentas do gênero *Capsicum* domesticadas. Hoje está geograficamente distribuída por todo o Sul e Norte do Brasil, devido a sua adaptabilidade a diferentes solos e climas, e seu popular aroma cítrico (Lannes *et al.*, 2007). Esta Solanácea é um arbusto semi-perene que cresce até

1,2 m de altura que produz frutos pungentes ou não de 3 a 9 cm de comprimento e 0,7 cm a 1,5 cm de diâmetro, variando na forma, tamanho e cores, muito interessantes para fins ornamentais. (Silva Filho, 2012).

O número maior de *taxa* é representado pelas espécies silvestres, de modo geral bem documentadas quanto à distribuição no continente americano, com exceção às brasileiras, que se concentram, sobretudo, na Mata Atlântica e na região Amazônica (McLeod *et al.*, 1982; Reifschneider, 2000; Buso *et al.*, 2002).

Ainda não há consenso quanto ao número de espécies classificadas de acordo com o nível de domesticação. Foram mencionadas 20 espécies (Carvalho *et al.*, 2003), aproximadamente 25 espécies (Eshbaugh, 1993), cerca de 31 espécies (Moscone *et al.*, 2007) e cerca de 33 espécies (Reifschneider, 2000). Atualmente, vários pesquisadores têm se esforçado para o esclarecimento da taxonomia do gênero *Capsicum*. Às análises morfológicas tradicionais têm se incorporado, entre outros, a métodos de análises multivariadas (taxonomia numérica), análises citogenéticas, assim como novos dados relativos à sua distribuição geográfica (Nuez *et al.*, 1996).

Foram estimados números variando de 20 a 33 espécies. Mas no que se refere às espécies domesticadas, Reifschneider (2000) concorda e afirma a existência de cinco: *Capsicum annuum* L., *Capsicum chinense* Jacq., *Capsicum frutescens* L., *Capsicum baccatum* L. e *Capsicum pubescens* Ruiz & Pav. Essas cinco espécies formam três complexos de *Capsicum*: complexo *C. annuum*, 15 complexo *C. baccatum*, e complexo *C. pubescens*. Um complexo de espécie inclui aquelas que podem hibridizar, embora algumas vezes com dificuldade. O complexo *C. annuum* inclui três espécies proximamente relacionadas, *C. annuum*, *C. chinense* e *C. frutescens*, sendo o complexo mais amplamente distribuído nas Américas e no mundo inteiro. O complexo *C. baccatum* consiste em pelo menos três espécies, *C. baccatum*, *C. praeter missum*, e *C. tovarii*. O complexo *C. pubescens* contém: *C. pubescens* *C. cardenasii*. *Capsicum annuum* foi domesticada nas terras altas do México. Ela inclui a maioria das pimentas mexicanas, pimentas quentes da África e Ásia, e muitas das cultivares de pimenta doce crescidas em países temperados. No entanto, ela não está bem adaptada às planícies úmidas dos trópicos, onde, ao menos na América Latina, ela é substituída por *C. frutescens* *C. chinense* (Reifschneider, 2000; Carvalho *et al.*, 2003).

O gênero é constituído por táxons (espécies e suas variedades) domesticados, semi-domesticados, crioulas (landraces) e silvestres (Bianchetti, 2005). Na concepção de Clement (2001) plantas domesticadas são aquelas nas quais o homem seleciona

determinadas características de tal modo que as mesmas não são capazes de sobreviver em condições naturais, a variação genética terá sido reduzida ainda mais pela seleção, especialmente a variação genética responsável pela adaptação ecológica. As semi-domesticadas são uma população que tem sido modificada de forma significativa pela seleção e intervenção humana (no mínimo sendo manejada), cujo fenótipo médio provavelmente extrapola a variação encontrada na população silvestre para o(s) caracter(es) sujeito(s) à seleção; a variância fenotípica desta média pode ser maior que a da população silvestre porque a variação agora inclui tipos comuns e tipos novos; a variação genética terá sido reduzida ainda mais pela seleção; no entanto, as plantas mantêm suficiente adaptação ecológica para sobre viver no ambiente se a intervenção humana cessar.

Na figura 2 são apresentados frutos de diferentes variedades de pimenteiros *C. chinense* mais consumidos na Amazônia. Os frutos apresentados na figura 1C são usados na culinária regional como condimento não pungente.



Figura 2 - 1 A, pimenta murupi; 1B, pimenta murici-do-Pará; 1C, pimenta de cheiro e 1D, pimenta olho-de-peixe.

Alguns dos importantes trabalhos realizados neste sentido são referidos em Moscone *et al.*, (2007) e em Barboza e Bianchetti (2005). De acordo com o nível de domesticação, são distribuídos da seguinte forma: cinco domesticados, 10 semi-domesticados e cerca de 20 silvestres (Moreira *et al.*, 2006) (Tabela 1).

Tabela 1. Distribuição das espécies e variedades intra-específicas do gênero *Capsicum* em diferentes categorias, conforme grau de domesticação.

<b>Domesticadas</b>	<b>Semi-domesticadas</b>	<b>Silvestres</b>
* <i>C. annuum</i> var. <i>annuum</i>	* <i>C. annuum</i> var. <i>glabriusculum</i>	* <i>C. buforum</i>
* <i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	* <i>C. baccatum</i> var. <i>baccatum</i>	* <i>C. campylopodium</i>
* <i>C. chinense</i>	* <i>C. baccatum</i> var. <i>praetermissum</i>	<i>C. chacoense</i> var. <i>tomentosum</i>
* <i>C. chinense</i>	<i>C. chinense</i> (forma silvestre)	<i>C. ciliatum</i>
<i>C. pubescens</i>	<i>C. frutescens</i> (forma silvestre)	<i>C. coccineum</i>
	<i>C. cardenassi</i>	<i>C. cornutum</i>
	<i>C. eximium</i>	<i>C. dimorphum</i>
	<i>C. tovari</i>	* <i>C. dusenii</i> * <i>C. flexuosum</i> * <i>C. friburgense</i>
	<i>C. chacoense</i>	<i>C. geminifolium</i> <i>C. hookerianum</i> * <i>C. hunzikerianum</i> <i>C. lanceolatum</i> <i>C. minutiflorum</i> * <i>C. mirabile</i> * <i>C. parvifolium</i> * <i>C. pereirae</i> <i>C. shottianum</i> <i>C. scolnikianum</i> * <i>C. vilosum</i>

Fonte: Barboza e Bianchetti (2005), Reifshneider (2000) e Moreira *et al.*, (2006).

\*Espécies ocorrentes no Brasil.

### **3.3. Recursos genéticos vegetais e conservação *ex situ* de germoplasma de *Capsicum***

Os recursos genéticos são parte essencial da biodiversidade, formados pelas espécies de plantas, animais e microorganismos com valor socioeconômico atual ou potencial para o homem (Valois *et al.*, 2001).

Os recursos genéticos são estudados em várias etapas bem definidas, a saber: coleta ou introdução, multiplicação, preservação/conservação, avaliação/caracterização e uso (Hawkes, 1982). Em nível internacional, o International Board of Plant Genetic Resources (IBPGR), hoje International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), vem concentrando esforços para a sistematização dos estudos dos Recursos Genéticos, desenvolvendo consciência para a importância dos mesmos, a fim de que seja conservada e mantida, para gerações atuais e futuras, uma grande quantidade de acessos de muitas espécies (IBPGR, 1987). No Brasil, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Embrapa, 1995) já conta com mais de 85.000 acessos (Nass *et al.*, 1993). No Brasil, já se encontram Bancos Ativos de Germoplasma (BAGs) e coleções de trabalho de fruteiras tropicais, olerícolas, forrageiras, grãos, fibrosas e oleaginosas.

Os recursos genéticos representam a matéria-prima para criar novas variedades mais produtivas, melhor adaptadas para as regiões de cultivo e mais resistentes às pragas e doenças de plantas economicamente importantes. Junto com os parentes silvestres, eles representam o repositório de variabilidade genética potencial para programas de melhoramento das plantas cultivadas (Almeida *et al.*, 2005) e por essa razão a conservação desses recursos é hoje considerada uma das questões mais importantes para a sobrevivência da humanidade e tem recebido a atenção dos governantes (Ramalho *et al.*, 2004). Os recursos genéticos vegetais devem ser conservados em sistemas vivos, isto é, na forma de plantas, sementes ou tecidos com potencial para reprodução. Nesse contexto, são de grande importância a implantação e manutenção de coleções e bancos ativos de germoplasma (Barbieri, 2003).

A Conservação *ex situ* consiste em manter a biodiversidade fora do ambiente original ou natural (Nass *et al.*, 2001) em estruturas denominadas bancos de germoplasma, entendendo-se como “germoplasma” a base física do cabedal genético que reúne o conjunto de materiais hereditários de uma espécie. As estratégias de conservação *ex situ* são atrativas para melhoristas e instituições que desenvolvem trabalhos visando o melhoramento de plantas (Olorode, 2004). Então para que sejam

desenvolvidas variedades com as quais se possam contar no futuro Votava *et al.* (2002) ressaltaram que é necessário disponibilizar os recursos genéticos das plantas cultivadas para programas de melhoramento.

A espécie *C. chinense* Jacq. apresenta grande variabilidade genética, para uma infinidade de caracteres. A caracterização do germoplasma silvestre é uma importante etapa para a conservação e utilização dos recursos genéticos. É necessário que a variabilidade genética e fenotípica seja adequadamente estudada para que a mesma seja conservada e efetivamente útil no desenvolvimento de cultivares adaptadas às regiões tropicais e sub-tropicais (Costa *et al.*, 2011).

Estes recursos genéticos podem ser utilizados como fonte de variação genética para características desejáveis e necessárias para o melhoramento de plantas (Fonseca *et al.*, 2008). Para Bianchetti *et al.* (2005), a coleta e manutenção de pimentas são de grande importância porque abrem espaço para um melhor conhecimento do potencial de adaptação e de resistências desde gênero. Parte do germoplasma de *Capsicum* tem sido conservada em bancos de germoplasma pertencentes a diversas instituições tais como, a Universidade Federal de Viçosa (UFV), o Centro Tecnológico da Zona da Mata (CTZM), a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) e a Embrapa Hortaliças. Entretanto, para que haja maior uso desses recursos é de fundamental importância o conhecimento e a organização dessa variabilidade genética (Moreira *et al.*, 2006), pois infelizmente o germoplasma coletado é depositado em bancos, sem um grande conhecimento da informação acerca dos acessos individuais (Votava *et al.*, 2002).

Muitos esforços têm sido feito por diversas instituições de pesquisas. A Embrapa Clima temperado, está integrada ao programa de melhoramento genético de pimenta, com atividades de seleção das landraces ou crioulas. A adaptabilidade conferida às variedades tradicionais se manifesta como uma maior estabilidade e segurança nos rendimentos dos agricultores de subsistência, sendo por isto as variedades preferidas por estes (Dominguez *et al.*, 2000).

### **3.4. Melhoramento genético em espécies crioulas do gênero *Capsicum***

As espécies crioulas são populações com fontes de genes para tolerância ou resistência aos estresses bióticos e abióticos. Tais recursos genéticos podem ser

utilizados como fonte de variação genética para características desejáveis e necessárias para o melhoramento de plantas.

As variedades crioulas, também denominadas variedades locais ou landraces, podem ser usadas em programas de melhoramento para a ampliação da variabilidade genética com o objetivo de seleção de novos tipos e como fontes de genes de adaptação, rusticidade e resistência a estresses bióticos e abióticos (Neitzke *et al.*, 2009). Landraces são variedades tradicionais de plantas cultivadas, adaptadas aos locais e culturas onde se desenvolveram, estando presentes nos bancos de sementes de muitos agricultores, principalmente em países em desenvolvimento, justamente por se constituírem como uma garantia de plantio no ano seguinte (Dominguez *et al.* 2000). As plantas silvestres são aquelas na qual uma população naturalmente evoluída cujos genótipos e fenótipos não têm sido modificados pela intervenção humana, que podem ser exploradas pelo homem no seu ambiente natural (Clement, 2000; Valois, 2001).

No Brasil, parte dos produtores, principalmente os de base agrícola familiar, utilizam variedades crioulas em seus plantios, sendo esta produção destinada para o consumo familiar e para comercialização. Estes agricultores fazem seleção dos frutos que consideram de qualidade superior e produzem a sua própria semente para o cultivo da safra seguinte. Esta seleção, realizada por várias gerações, combinada com a seleção natural, resultou em diversos tipos de espécies com elevada rusticidade e adaptação às condições locais onde foram selecionadas (Neitzke *et al.*, 2009).

O melhoramento de plantas é uma ciência que vem contribuindo expressivamente com o incremento qualitativo e quantitativo de alimentos, tendo como objetivo o desenvolvimento de novas cultivares com maior potencial de rendimento, qualidade industrial, nutricional, assim como boa resistência a doenças, adaptabilidade e estabilidade em diferentes regiões geográficas, dentre outros (Floss, 2003).

Para que o processo de proteção de cultivares seja efetivado, o melhorista responsável deverá conhecer o comportamento da espécie, dos grupos e variedades, destacando-se a importância da comparação da nova cultivar com as cultivares existentes no mercado, por meio de características morfológicas, dentre outras (Carvalho *et al.*, 2009).

A caracterização de espécies tropicais amplia as perspectivas de conservação da diversidade vegetal de espécies, com potencial em programas de melhoramento vegetal (Pereira *et al.*, 2006). Características desejáveis, tais como, firmeza, uniformidade da maturação, sólidos solúveis e vitamina C (Lannes *et al.*, 2007), presentes em *C.*

*chinense*, despertam interesse de incluir essa espécie em programas de melhoramento da espécie mais cultivada do gênero *Capsicum*, o pimentão.

Lins *et al.* (2001) consideram que o cultivo da pimenta e pimentão no Brasil é extenso e demanda variedades mais produtivas e resistentes a doenças e estresses ambientais, e que produzam frutos de diferentes tamanhos, cores e sabores. Estes pesquisadores mostram que os programas de melhoramento visam atender a essas demandas com base em dados de variabilidade genética obtidas em estudos de caracterização morfológica e molecular de acessos cultivados e silvestres de pimenta.

Os programas de melhoramento têm explorado a diversidade genética de *Capsicum*, principalmente das espécies *C. annuum* L, *C. chinense* Jacq, *C. baccatum* L e *C. frutescens* L. Dentre as cultivares desenvolvidas para o mercado estão os híbridos, linhagens e populações de polinização aberta. Os principais alvos dos programas de melhoramento são: algumas características dos frutos (coloração, sabor, aroma, formato e espessura da polpa) e resistência a pragas e doenças. Muitas doenças são observadas tanto em cultivo protegido como em campo aberto: as viroses, a murcha de fitóftora, a antracnose, o oídio, a murcha bacteriana, entre elas, a mancha bacteriana é uma das mais importantes (Azevedo *et al.*, 2005).

A obtenção de variedades resistentes ao vírus do mosaico amarelo (PepYMV) é considerada também como uma das prioridades do melhoramento das pimentas e pimentão (Ávila *et al.*, 2004). A murcha causada pelo fungo *Phytophthora capsici* Leonian, é a principal doença fúngica em espécies de *Capsicum* no Brasil.

Os principais métodos de seleção utilizados para obtenção de variedades superiores em espécies autógamas são: Genealógico, *Single Seed Descent* (SSD) e *Bulk*, como forma de condução dos genótipos segregantes após processo de hibridação (Riva *et al.*, 2007). A utilização de híbridos em várias espécies vegetais tem contribuído para o sucesso dos programas de melhoramento, com incremento substancial na produtividade. Em *Capsicum*, cuja maioria das espécies é autógama, os híbridos são obtidos por emasculação e polinização manual ou utilização de linhagens com macho esterilidade genética-citoplasmática (Nascimento *et al.*, 2004).

Os programas de melhoramento genético de *Capsicum* no País têm contado com as inestimáveis contribuições de muitas instituições e seus pesquisadores: Embrapa Hortaliças (Carvalho *et al.*, 2003; Vilela *et al.*, 2008); Universidade Federal de Viçosa; Universidade Estadual do Norte Fluminense-Darcy Ribeiro; Universidade Federal de Lavras; Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz-ESALQ/USP. Faculdade de

Ciências Agrárias e Veterinárias do Campus de Jaboticabal-UNESP (Luz, 2007); Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu.

### **3.5. Avaliação dos descritores agronômicos nas variedades crioulas de *Capsicum chinense***

A caracterização morfológica dos organismos corresponde à base de todo e qualquer estudo, uma vez que a primeira determinação de um ser começa pelo seu fenótipo, isto é, pelo seu aspecto comum do ponto de vista morfológico (Costa *et al.*, 2011). De acordo com Jarret & Berke (2008), Lannes *et al.* (2007) e Sudré *et al.* (2010), observa-se a necessidade de ampliar as pesquisas de caracterização dos BAG, a fim de fornecer subsídios aos programas de melhoramento genético de modo que cultivares melhoradas para as características apontadas possam ser obtidas. Independentemente da técnica utilizada, a caracterização deve ser feita a fim de garantir o conhecimento prévio das espécies conservadas dispondo-o de uma forma mais efetiva para a utilização.

Na opinião de Jarret & Berke (2008), a literatura atual contém pouca ou nenhuma informação sobre a gama de características morfológicas de *C. chinense*. Para esses autores, descrições detalhadas sobre morfotipos, disponibilidade de sementes ou o registro fotográfico ainda não foram realizadas. Por sua vez, para Lannes *et al.*, (2007), apesar da importância de *C. chinense* no Brasil, pouco se sabe sobre o desenvolvimento do fruto. Da mesma forma, Sudré *et al.* (2010) enfatizaram que a caracterização de espécies domesticadas de *Capsicum* são de grande interesse, particularmente para os BAG, visto que a ampla variabilidade existente na espécie ainda não está inteiramente conhecida e explorada.

Domenico *et al.* (2012), em estudos realizados com *C. chinense* observou diferença para todas as características morfoagronômicas estudadas, isso ocorre em virtude da grande variedade genéticas dos grupos de acessos estudados e devido a influência do meio, onde o desenvolvimento máximo da planta é afetado em decorrência da interação genótipo-ambiente, algumas vezes ocorre predomínio de fatores ambientais. Nessas circunstâncias existe alta variabilidade em *C. chinense* para descritores agronômicos.

### **3.6. Análise multivariada para avaliação da divergência genética de *C. chinense*.**

A avaliação sobre a diversidade genética com base em poucas variáveis tem-se mostrado insuficiente, por não abranger a complexidade da interação de influências genéticas e ambientais. Portanto é necessário que a avaliação e a interpretação simultâneas de um conjunto relativamente grande de caracteres, sejam feitas, a fim de captar a maior quantidade possível de efeitos sofridos (Ferreira *et al.*, 2003). A utilização de técnicas multivariadas é a alternativa que melhor atende esse objetivo, pois permite combinar as múltiplas informações contidas na unidade experimental, de modo que seja possível executar uma seleção com base em um complexo de variáveis (Cruz *et al.*, 1994).

A avaliação da variabilidade genética entre cultivares para fins de conservação de recursos genéticos é útil para saber se dois indivíduos com fenótipos semelhantes, exibem uma combinação gênica similar (Lefbreve *et al.*, 2001). Os estudos de distância genética são de grande importância na diferenciação de populações e acessos de bancos de germoplasma, assim como na identificação de genitores adequados à obtenção de híbridos, com maior efeito heterótico e que proporcionem maior segregação em recombinações, possibilitando o aparecimento de transgressivos (Cruz *et al.*, 2003). Dessa forma o conhecimento da diversidade genética entre os acessos permite recomendações corretas de cultivo e uso (Cintra *et al.*, 2005).

A divergência genética tem sido avaliada por meio de técnicas biométricas, baseadas na quantificação da heterose, ou por processos preditivos. Na predição da divergência genética, vários métodos multivariados podem ser aplicados. Dentre eles, citam-se a análise por componentes principais, por variáveis canônicas e os métodos aglomerativos. A técnica de análise multivariada tem sido empregada tanto para características expressas por variáveis quantitativas quanto qualitativas, as quais são comumente utilizadas em caracterizações/avaliações em bancos de germoplasma. No caso dos descritores qualitativos geralmente são avaliados os que apresentam várias classes, ou seja, multicategóricos (Pereira *et al.*, 2003).

A escolha do método mais adequado tem sido determinada pela precisão desejada pelo pesquisador, pela facilidade da análise e pela forma como os dados foram obtidos (Cruz *et al.*, 2003). No caso dos métodos de agrupamento, eles se distinguem pelo tipo de resultado a ser fornecido e pelas diferentes formas de definir a proximidade entre um indivíduo e um grupo já formado ou entre dois grupos quaisquer. Em todos os

casos não se conhece, a priori, o número de grupos a serem estabelecidos, e diferentes métodos proporcionam diferentes resultados. Nos métodos hierárquicos, os genótipos são agrupados por um processo que se repete em vários níveis, até que seja estabelecido o dendrograma ou o diagrama de árvore.

As delimitações podem ser estabelecidas por um exame visual do dendrograma, em que se avaliam pontos de alta mudança de nível, tomando-os em geral como delimitadores do número de genótipos para determinado grupo (Cruz *et al.*, 2003).

De acordo com Nascimento Filho *et al.* (2001), a análise das variáveis canônicas além de permitir o estudo da divergência genética por meio das distâncias geométricas entre genitores em gráficos de dispersão, possibilita o descarte daquelas características que contribuíram pouco para a variabilidade genética apresentada entre os acessos, gerando economia de tempo, mão-de-obra e recursos financeiros em futuros estudos. Dessa forma, são descartadas aquelas características que apresentaram o maior coeficiente de ponderação nas variáveis canônicas menos importantes. Essa recomendação foi reforçada por Cruz (2001) ao mencionar que é necessário avaliar a importância de cada caráter para a diversidade, identificando-se aqueles com menor contribuição, sendo recomendável seu descarte em estudos futuros.

Há diversos trabalhos na literatura que utilizaram a técnica de análise multivariada para estudos de divergência genética, como o realizado por Karasawa *et al.* (2005) que empregaram o agrupamento de Tocher e Vizinho mais próximo para divergência entre acessos de tomateiro. Para o gênero *Capsicum* ainda são poucos os trabalhos publicados, entre eles está o de Moura *et al.* (1999), cujo objetivo foi verificar a viabilidade da análise multivariada na identificação de fontes de variabilidade genética entre linhagens de pimentão quanto à eficiência nutricional para o fósforo, concluindo-se que a mesma foi efetiva para detectar divergência genética, como também para identificar o caráter que mais contribuiu para a divergência. Eficiência similar foi relatada em trabalhos com pimentas, nos quais foram aplicados métodos de agrupamento a variáveis quantitativas (Sudré *et al.*, 2005) e qualitativas multicategóricas (Sudré *et al.*, 2006).

Genótipos mais divergentes são promissores para serem cruzados e fornecerem populações com maior segregação em vários caracteres agronômicos (Machado *et al.*, 2002), e para identificá-los Oliveira *et al.* (2003) sugeriram que sejam selecionados, dentro dos grupos, os genitores com melhores médias em relação aos caracteres que se deseja melhorar, objetivando assim, a máxima concentração de alelos favoráveis. A

escolha dos genitores para programas de hibridação, que visem à ampliação da variabilidade da espécie para o melhoramento genético por meio de seleção nas gerações segregantes, deve levar em consideração a divergência genética, o desempenho per se dos genitores e a complementaridade alélica (Souza *et al.*, 2005; Moraes *et al.*, 2005). A seleção de indivíduos geneticamente mais próximos do genitor recorrente reduz o número de retrocruzamentos necessários à recuperação do genoma (Moraes *et al.*, 2005).

Estudos de divergência genética também têm sido realizados utilizando marcadores de DNA. Atualmente, as técnicas mais empregadas nos programas de melhoramento e que utilizam a Reação em Cadeia da Polimerase (PCR) são: a técnica microssatélite ou SSR (Polimorfismo de locus de seqüência simples repetida), RAPD (Polimorfismo de DNA amplificado ao acaso), SCARS (Amplificação de região de seqüência caracterizada) e AFLP (Polimorfismo no comprimento de fragmentos amplificados) (Zimmer *et al.*, 2005). Os marcadores de DNA têm a vantagem de serem influenciados por pouca ou nenhuma ação do meio ambiente e fornecerem informações diretas sobre o genoma de cada indivíduo (Lefbreve *et al.*, 2001).

Os marcadores moleculares constituem mais uma ferramenta que pode ser usada em estudos de divergência genética, porém assim como os dados quantitativos, demandam maior tempo e custo que os dados qualitativos multicategóricos (Sudré *et al.*, 2006).

### **3.7. Uso de correlações fenotípica, genotípica e ambiental em seleção de caracteres associados.**

Uma das formas de aumentar a eficiência da seleção de um caráter é o uso de caracteres correlacionados. A correlação tem importância no melhoramento de plantas, porque mede o grau de associação genética ou não genética entre dois ou mais caracteres, porque elas quantificam a possibilidade de ganhos indiretos por seleção em caracteres correlacionados e que caracteres de baixa herdabilidade têm a seleção mais eficiente quando realizada sobre caracteres que lhe são correlacionados (Falconer, 1987).

Carvalho (2004) distingue duas causas de correlação entre duas variáveis - a genética, resultante de ligação gênica (causa temporária) ou do pleiotropismo (causa principal), e a causa ambiental. O ambiente torna-se causa de correlação quando dois caracteres são influenciados pelas mesmas diferenças de condições ambientais. Valores

positivos indicam que os caracteres correlacionados são beneficiados ou prejudicados pelas mesmas causas de variações ambientais, e valores negativos que o ambiente favorece um caráter em detrimento do outro. A associação entre dois caracteres diretamente observados é a correlação fenotípica.

Em soja, os estudos sobre correlações genotípicas, fenotípicas e de ambiente têm envolvido os caracteres coletados desde o florescimento até a maturação, destacando-se a produtividade e seus componentes e, mais recentemente, envolvendo análises quantitativas e qualitativas de óleo e proteína (Taware *et al.* 1997).

Já que a correlação é uma medida do grau com que duas variáveis variam juntas ou da intensidade de associação entre essas variáveis, o conhecimento da associação entre caracteres agronômicos e morfológicos pode ser primordial quando da necessidade de ser feita a seleção simultânea de caracteres. Além disso, ao selecionar caracteres de alta herdabilidade e de fácil aferição, e que evidenciem alta correlação com o caráter desejado, o melhorista poderá obter progressos mais rápidos em relação ao uso de seleção direta (Carvalho *et al.* 2004).

Efeitos genéticos e de ambiente podem influenciar direta ou indiretamente sobre o caráter rendimento de grãos e os demais caracteres agronômicos importantes na seleção de plantas. Entretanto, a seleção de genótipos superiores tem sido uma tarefa de execução complexa, uma vez que os caracteres de importância agronômica, que em sua maioria são quantitativos, apresentam base genética complexa, além de serem altamente influenciados pelo ambiente. Desta forma, a correlação fenotípica pode ter pouca aplicabilidade, podendo induzir o melhorista a erros. Assim, é importante distinguir as causas genéticas e de ambiente que, combinadas, resultam na correlação fenotípica. Através da avaliação de três populações segregantes de aveia nas gerações F<sub>2</sub> e F<sub>3</sub>, Kurek *et al.* (2002) e Benin *et al.* (2003) evidenciaram correlações genotípicas e de ambiente significativas e de elevada magnitude entre caracteres de importância agronômica e qualidade industrial, sugerindo que a seleção indireta, através de caracteres correlacionados, pode ser efetiva já nas primeiras gerações de um cruzamento.

Em dois experimentos, utilizando oito populações segregantes de aveia conduzidas em três diferentes métodos de semeadura (cova, planta espaçada e linha cheia). Em dois anos, foram selecionadas as panículas com peso superior. Das panículas selecionadas nos dois anos foram obtidas e analisadas as variáveis: peso de panícula,

peso de grãos/panícula e número de grãos/panícula. As correlações obtidas neste estudo indicam que a seleção realizada para um dos caracteres avaliados da panícula em aveia proporcionará ganhos nos demais simultaneamente e que estes ganhos serão otimizados se a seleção for aplicada em ambientes com menor participação da seleção natural, onde a estimativa da herdabilidade seja mais elevada Marchioro *et. al.*(2003).

Correlações fenotípica, genética e ambiental foram estimadas entre todos os possíveis pares de oito caracteres de tomate de mesa estudados em cinco linhagens e seus híbridos F<sub>1</sub> (exceto os recíprocos). As correlações genotípica e fenotípica entre produção de frutos Total (PFT) e o número de frutos total (NFT), produção média dos frutos (PMF), PFT, relação comprimento largura do fruto (C/L) e espessura da parede do fruto (EP) foram positivas e altas. Essas associações contribuíram para o aumento da produção. Os coeficientes de correlação ambiental foram baixos, com exceção dos caracteres NFT, PFP e NFT e PFT. Isto significa que a melhoria do ambiente promoverá, ao mesmo tempo, aumento da produção por planta e do número total de frutos (Souza *et al.* 2012).

Marchioro *et. al.* (2003) avaliaram a magnitude dos coeficientes de correlação genotípica, fenotípica e de ambiente, através da análise de quatro populações segregantes F<sub>2</sub> de aveia: OR 2 x UPF 18, UPF 7 x CTC 5, OR 2 x UPF 7, UPF 18 x CTC 5. As estimativas de correlação genotípica indicam que a seleção de plantas de alta produtividade de grãos pode ser realizada indiretamente através dos caracteres número de panículas por planta, peso de panícula, número de grãos por panícula e peso médio de grãos. As associações entre o peso do cacho e o perímetro do pseudocaule não foram significativas, para os genótipos estudados, com exceção de 'D'Angola', que apresentou correlação significativa e negativa. O perímetro do pseudocaule é importante no melhoramento genético da bananeira, pois está relacionado ao vigor da planta e reflete sua capacidade de sustentação do cacho, sendo que cultivares com maior perímetro do pseudocaule são menos suscetíveis ao tombamento.

Soto Ballesterro (2008) observaram em cultivares de plátanos, estimativas positivas e significativas entre o perímetro do pseudocaule e número de pencas por cacho e comprimento dos frutos. Nenhum dos genótipos apresentou correlação significativa entre o peso do cacho e número de folhas vivas no florescimento. A quantidade de folhas no florescimento pode influenciar o desenvolvimento do cacho, pois este depende diretamente da taxa de fotossíntese da planta. Embora se espere que haja uma relação direta entre área foliar e componentes de produção, essa relação é mais

importante para a taxa de emissão foliar antes da diferenciação floral e o número de flores femininas na inflorescência. Um elevado número de folhas pode resultar em auto sombreamento das plantas, o que faz com que o número de folhas nem sempre esteja associado a aumento nas assimilações líquidas. Esse fato pode justificar a prevalência de respostas não significativas encontradas neste trabalho.

Silva Filho *et al.* (2012) estimou os coeficientes de correlações fenotípica, genotípica e de ambiente na seleção de caracteres morfológicos e químicos para usar em melhoramento do cubiu (*Solanum sessiliflorum*), em Manaus. Estes autores observaram que aproximadamente 91% dos coeficientes de correlação genotípica e fenotípica foram significativos em nível de 1% de probabilidade. A combinação entre caracteres morfológicos e químicos permite selecionar genótipos importantes para o melhoramento do cubiu. Os caracteres espessura da polpa do fruto (EP) e produção média de frutos (PMF) são os que mais apresentam valores de coeficientes de correlações genotípicas entre pelo menos seis dos dez elementos minerais testados na pesquisa. Por outro lado, o caráter número de lóculos (NL) revela ampla capacidade de combinação quando forma os pares com todos os elementos químicos. A menor e mais elevada correlação formada entre os pares com o NL foi observada entre NL e lipídeo (LIP)  $r_G = 0,567^*$  e NL e cinza (CIN)  $r_G = 0,88^{**}$ .

Por meio das associações formadas exclusivamente entre os pares de elementos químicos lipídio, cinza, proteína, potássio, zinco, manganês, sódio, ferro, magnésio, e cálcio, na sua maioria é possível selecionar, simultaneamente elementos químicos que tornarão os frutos do cubiu mais rico para a nutrição humana (Silva Filho *et al.* 2012).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Germoplasma

Para a realização deste trabalho foram utilizadas 20 variedades crioulas de pimenta murupi, da coleção mantida pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, em Manaus, procedentes de 20 localidades da Amazônia (Figura 3). Foram adquiridas sub-amostras de *Capsicum* spp., provenientes de diferentes municípios do Amazonas. O termo “sub-amostra” foi determinado pela Orientação Técnica nº 2, do Conselho de Gestão do Patrimônio Genético. O código das sub-amostras foi designado pela sigla BAGC (Banco Ativo de Germoplasma de *Capsicum*) seguida de um número.

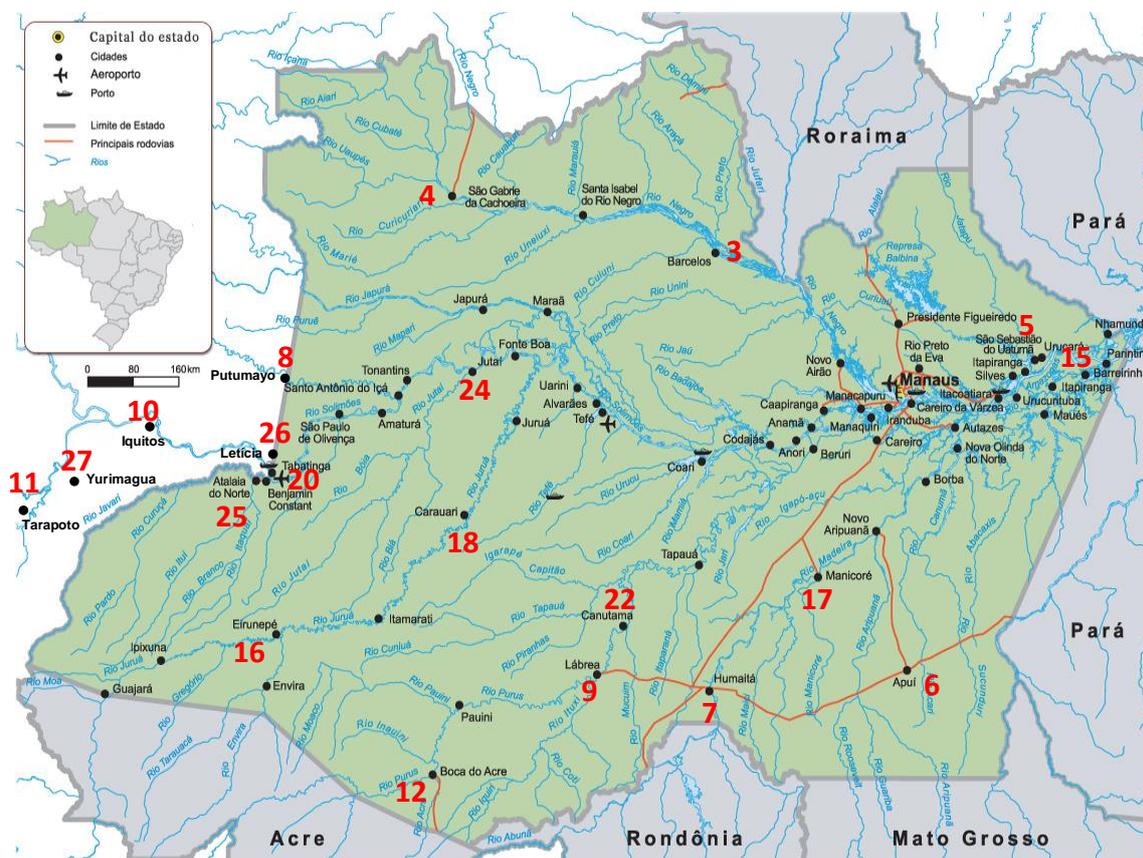


Figura 3 - Estão indicadas a origem e localização geográfica de 20 variedades crioulas de pimentas do Gênero *Capsicum*: Brasil: 3. Barcelos/AM; 4. São Gabriel da Cachoeira/AM; 5. São Sebastião do Uatumã/AM; 6. Apuí/AM; 7. Humaitá/AM; 9. Lábrea/AM; 12. Boca do Acre/AM; 15. Barreirinha/AM; 16. Eirunepé/AM; 17. Manicoré/AM; 18. Carauari/AM; 20. Benjamin Constant/AM; 22. Canutama/AM; 24. Jutá/AM; 25. Atalaia do Norte/AM e Colômbia: 8. Putumayo e 26. Letícia; Peru: 10. Iquitos; 11. Tarapoto e 27. Yurimagua. Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, adaptado 2013.

## 4.2. Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Hortaliças “Alejo von der Pahlen” (EEH), do INPA, localizada no km 14 da Rodovia AM 010, com as coordenadas georreferenciadas de latitude 2 59'S, longitude 60 01'W e altitude de 60 metros acima do nível do mar. O clima local é caracterizado como “Afi” no esquema de Köppen, registrando 3.555,7 mm de chuva (com variação mensal de 106,7 mm em julho, mês mais seco, a 467,9 mm em novembro, mês mais chuvoso), com uma estação seca no período de julho a setembro, temperatura média anual de 26,5 °C (com variação mensal de 19 °C a 36,6 °C, entre a menor e a maior) e umidade relativa do ar de 80,9% (Antonio, 2009).

## 4.3. Formação das mudas

A semeadura foi realizada no mês de julho de 2011, em copos plásticos preenchidos com composto orgânico, previamente autoclavado a 120°C, por duas horas, sendo posteriormente colocados em casa de vegetação.

Foram semeadas três sementes em cada copo e quando as plântulas estavam com duas folhas definitivas procedeu-se o desbaste, deixando somente uma planta, a mais vigorosa, por recipiente (Figura 4).



Figura 4. Mudanças de pimenta murupi com 35 dias.

#### **4.4. Preparo da área experimental**

O preparo da área constou de uma aração e gradagem, onde foram abertas as covas com 0,20 m de comprimento, por 0,20 m de largura e 0,20 m de profundidade, em um espaçamento de 1,0 m entre as covas e 1,5 m entre as fileiras.

#### **4.5. Adubações mineral e orgânica**

No ato do plantio foram aplicados em cada cova 2 kg de composto orgânico, 50 g de superfosfato triplo, 40 g de cloreto de potássio e 10 g de uréia. Aos quinze dias após o transplante fez-se uma adubação de cobertura com 10 g de uréia por planta, repetindo-se essa prática até o estágio em que as plantas iniciaram a produção dos frutos. A análise do solo apresentou os seguintes resultados: pH em H<sub>2</sub>O em 5,44; M.O. = 20,79g.Kg<sup>-1</sup>C = 12,91g/kg; N = 0,64g/kg; P = 100,91mg/kg; K = 10,01mg/kg; Ca = 1,36 cmolc/kg; Mg = 35,1mg/kg ; Fe = 7,4 mg/kg; Mn = 6,3 mg/kg; Zn = 5,2 mg/kg.

#### **4.6. Transplante e tratos culturais**

O transplante foi realizado no momento em que as mudas atingiram o estágio vegetativo recomendado para o plantio definitivo (15 cm de altura ou quatro folhas definitivas). Capinas, adubações complementares, irrigação, controles fitossanitários foram adotados sempre que houve necessidade dessa intervenção.

#### **4.7. Colheita**

A colheita dos frutos iniciou em dezembro de 2011, estendendo-se até o final do mês de maio de 2012, quando apresentavam a coloração ideal de maturação para consumo *in natura* e outros aproveitamentos. Nesse estágio as sementes estão fisiologicamente maduras e com o percentual de 100% de vigor germinativo. Os frutos foram retirados dos ramos das plantas por meio de arranquio manual e colocados em sacos plásticos identificado com a referência de cada variedade cultivada.

#### **4.8. Delineamento experimental**

Adotou-se o delineamento experimental em blocos casualizados com 20 tratamentos (as variedades de pimenta) com três repetições. A unidade experimental foi constituída de uma área de 26,5 m<sup>2</sup>, considerando-se cinco plantas úteis para fins de avaliação.

#### **4.9. Características agronômicas avaliadas**

As avaliações foram realizadas no viveiro e no laboratório. No viveiro, foram efetuadas as mensurações da parte vegetativa das plantas. No Laboratório de Genética e Etnobiologia da CPCA, do INPA, foram feitas as avaliações das características quantitativas dos frutos das variedades crioulas de pimenta murupi, baseados em descritores recomendados pelo International Plant Genetic Resoucers Institute (IPGRI, 1995).

Para a caracterização das variedades foram utilizados nove descritores quantitativos diâmetro do caule (DC), Altura da planta (AP), largura da copa (LC), comprimento do fruto (CF), diâmetro do fruto (DF), espessura da polpa do fruto (EPF), número de frutos/planta (NMF), massa média de frutos (MMF) e massa estimada dos frutos (MEF).

Os caracteres quantitativos mensurados na parte vegetativa e nos frutos foram avaliados com base em cinco plantas úteis de cada parcela. Os dados dos dez primeiros frutos de cada planta foram anotados individualmente, depois foram calculadas as médias aritméticas.

##### **4.9.1 Caracterização da parte vegetativa das plantas**

- (AP) Altura da planta (cm) – aferida do nível do solo até o ápice do meristema apical, no momento em que as plantas apresentavam frutos maduros;
- (DC) Diâmetro do caule (cm) – na parte média da haste abaixo da primeira bifurcação, tomada imediatamente após a primeira colheita com paquímetro digital;

- (LC) Largura da copa (cm) – aferida com trena metálica em sua maior distância, em cm, quando as plantas apresentavam frutos maduros.

#### **4.9.2 Avaliação dos caracteres do frutos**

- (CF) Comprimento do fruto (cm) – obtido pela mensuração de dez frutos de cada planta;
- (DF) Diâmetro do fruto (cm) – obtido com auxílio de paquímetro digital, na parte mais larga dos dez primeiros frutos de cada planta;
- (EPF) Espessura da parede do fruto (mm) – média de 10 frutos maduros na segunda colheita, medidos com paquímetro digital no ponto de maior largura, em milímetros;

#### **4.9.3 Avaliação dos componentes de produção**

- (NFP) Número de frutos por planta – somatório do número de frutos obtidos em todas as colheitas realizadas;
- (MMF) Massa média dos frutos (g) – obtida pela avaliação individual dos dez primeiros frutos maduros de cada planta, nas parcelas;
- (MEF) Massa estimada dos frutos (g) – somatório da massa de todos os frutos colhidos divididos pelo número de plantas avaliadas, por parcelas.

### **4.10. Procedimentos estatísticos**

#### **4.10.1. Análises univariadas**

Análises de variância (ANOVAS) sobre os caracteres: Altura da planta, diâmetro do caule, largura da copa, número de frutos, largura do fruto, comprimento do fruto, espessura da polpa, massa média do fruto, foram feitas para dectar contrastes entre as 20 variedades de pimenta, pelo teste de F. As ANOVAS foram complementadas pelo teste de comparação de médias de Skott-Kanott (1974), em nível de 5% de probabilidade.

## **4.10.2. Análises multivariadas**

### **4.10.2.1. Medidas de dissimilaridades e agrupamento**

Para estimação das medidas de dissimilaridade entre as variedades de pimenta foram feitas análises multivariadas, usando como medidas de dissimilaridades, as Distâncias Generalizadas de Mahalanobis ( $D^2$ ) (Mahalanobis, 1936). Para o agrupamento das variedades de pimentas empregou-se o Método do Vizinho mais Próximo.

### **4.10.2.2 Estimativas das correlações entre caracteres**

As estimativas dos coeficientes de correlações fenotípica ( $r_F$ ), genotípico ( $r_G$ ) e ambiental ( $r_A$ ) foram estimados a partir das estimativas das covariâncias, baseadas na metodologia recomendada por Falconer (1987) e os recursos do programa de informática Genes (Cruz, 2008).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Avaliação das características morfoagronômicas de 20 variedades crioulas de pimenta (VCPs) murupi.

As análises de variância detectaram diferenças significativas em nível de 5% para todas as características avaliadas. O caráter MMF apresentou um coeficiente de variação (CV) de 18%, considerado médio, os demais caracteres foram baixos.

Tabela 2 - Valores médios avaliados em caracteres quantitativos de variedades crioulas de pimenta murupi (*Capsicum chinense* Jacq.) da Amazônia. Manaus, AM, 2013.

VCPs	AP (cm)	DC (cm)	LC (cm)	CF (cm)	DF (cm)	EPF (mm)	MMF (g)	NMF	MEF (g)
3	57,54k	4,87e	68,92l	4,13e	9,63l	1,38g	1,64c	318,25c	525,84e
4	68,22g	5,63c	73,06k	3,0f	9,69l	1,4f	1,48c	136,0m	194,74j
5	89,32c	6,32b	63,12p	1,4h	5,46p	0,57n	0,41d	87,5q	67,96n
6	100,12a	6,71a	95,31d	2,38g	10,88h	1,23k	1,33c	87,5q	116,21m
7	67,85g	6,42b	58,53s	4,08e	12,46f	1,48c	2,4a	124,0n	297,6h
8	77,49f	5,21d	76,31h	3,22f	9,58l	1,32i	1,44c	118,75o	167,15k
9	87,41d	6,28b	97,32c	3,27f	9,2m	1,29j	1,24c	112,51p	139,41l
10	85,42e	6,25b	62,18q	3,14f	10,07k	1,2l	1,14c	117,75o	134,24l
11	87,14d	5,74c	97,78b	3,33f	14,38a	1,66a	2,96a	53,0r	156,98l
12	76,88f	5,87c	68,1n	2,57g	7,35o	1,17m	0,76d	182j	148,0l
15	58,72k	6,70a	57,8t	3,09f	10,49i	1,47d	1,47c	157l	236,28i
16	48,81m	5,41d	78,38g	4,23e	8,31n	1,39g	1,99b	165,33k	296,36h
17	98,21b	6,22b	111,65a	5,42c	10,21j	1,57b	2,8a	685,5a	1919,4a
18	62,43i	4,22g	75,21i	6,12a	11,21g	1,42e	1,44c	215,0h	308,60h
20	65,22h	3,82i	82,34e	5,87b	10,3j	1,37h	1,32c	262,24f	346,12g
22	58,03k	4,55f	68,48m	4,91d	13,2d	1,28j	1,83b	191,99i	363,57g
24	66,04h	4,32g	81,2f	6,23a	13,5c	1,4f	1,75b	243,44g	426,02f
25	60,02j	3,62i	73,82j	6,11a	12,89e	1,38g	2,1b	278,41e	584,66c
26	55,08l	4,02h	59,34k	5,82b	13,86b	1,37h	1,97b	324,42b	638,95b
27	48,06m	4,03h	66,42o	5,77b	14,32a	1,38g	1,86b	301,46d	560,71d
<b>Médias</b>	70,9	5,3	75,76	4,2	10,85	1,33	1,66	208,08	381,44
<b>CV%</b>	0,81	2,66	0,3	4,8	0,73	0,47	18,25	1,26	3,07

Médias seguidas por letras semelhantes, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade. VCPs = Variedades crioulas de pimenta, AP = Altura da planta, DC = Diâmetro do caule, LC = Largura da Copa, CF = Comprimento do fruto, DF = Diâmetro do fruto; MMF = Massa média do fruto; EP = Espessura da parede do fruto; NMF = Número médio de frutos; MEF = Massa estimada de frutos.

Valores percentuais de CV nesses níveis, em experimentos agrícolas, demonstram uma boa precisão experimental. Em um programa de melhoramento genético, a classificação de CV pode ser útil, por exemplo, para informar a qualidade experimental de ensaios intermediários e finais da espécie vegetal pesquisada (Carvalho *et al.*, 2003). Nesses ensaios, um conjunto de caracteres é mensurado para auxiliar o melhorista na descrição e indicação de novas cultivares. Em Solanáceas que produzem frutos os caracteres quantitativos importantes avaliados nos programas de melhoramento são produtividade, altura de planta, dias para maturação, dias para floração (Costa, 2002).

De todos os descritores avaliados, neste estudo, todos apresentaram variação, evidenciando que, embora os genótipos sejam pertencentes a um mesmo gênero a variabilidade genética é muito grande. Estudos realizados por Costa *et al.*, (2011) em 40 genótipos de *Capsicum* spp. com o uso de descritores agronômicos, constataram a existência de grande variabilidade genética entre eles, demonstrando a grande variabilidade presente no gênero.

Na Tabela 2, são apresentados os nove caracteres de importância morfoagronômicas sobre o comportamento das 20 VCPs avaliadas em Manaus. As variáveis da parte vegetativa diâmetro do caule (DC), altura da planta (AP) e largura da copa (LC), demonstram plasticidade fenotípica em função do cultivo em ambientes diferentes daqueles de suas origens. Valores médios máximos conseguidos nesta pesquisa para estas variáveis foram de VCP6 - 100,12 cm, VCP6 - 6,71 cm e VCP17 - 111,65 cm, respectivamente, são considerados bons para pimenta murupi, mas valores superiores em condições mais favoráveis atingem até 1,98 m de AP e 1,20 m de LC (Silva Filho, 2012). O grande número de classes encontradas para esses descritores indica grande variabilidade genética existente entre os acessos.

Batista (2011) obteve médias similares em estudo realizado com 30 acessos de *Capsicum* spp. oriundos de diversas localidades da região Amazônica apresentaram 105,2 cm (AP), 101,4 cm (LC) e 96,2 cm (DC) para as cultivares de maior destaque entre as médias. Em estudo com descritores morfoagronômicos realizado por Neitzke *et al.* (2010) observou grande número de classes formadas para os descritores AP, LC e DC entre as variedades avaliadas de *Capsicum* spp. Caixeta *et al.*, (2010) observou boa divergência genética para a maioria dos acessos testados, indicando potencial para utilização em futuros programas de melhoramento genético da espécie.

Genótipos de porte mediano a alto facilitam a colheita em campo e podem ser destinados ao paisagismo e para cultivo em jardins (Neitzke *et al.*, 2010).

Em relação aos descritores dimensionais CF, DF e EP, com tamanhos médios de 1,4 cm a 6,23 cm, 5,46 cm a 14,38 cm e 0,57 mm a 1,66 mm respectivamente, mantiveram as médias normais de desenvolvimento dos frutos de pimenta murupi cultivadas em diferentes agrossistemas na Amazônia (Silva Filho, 2012); Domenico *et al.* (2012) observaram variação de 2,1 cm a 7,7 cm para o comprimento dos frutos, quanto à largura do fruto, houve variação de 1,1 cm a 2,5 cm; Jarret e Berke (2008) observaram variação de 0,8 cm a 11,4 cm para comprimento e de 0,6 a 4,0 cm para largura do fruto nos acessos avaliados; Batista (2011) encontrou variação para a comprimento do fruto entre médias de 2,04 cm à 6,02 cm, para a largura 0,77 cm a 3,89 cm e 0,77 mm a 2,3 mm para a espessura da parede do fruto.

Considerando a grande variabilidade de tipos dentro de *C. chinense*, a exemplo do que Jarret e Berke (2008) afirmaram em relação ao tamanho do fruto, alguns tipos com características preferidas pelo consumidor foram submetidos à maior pressão de seleção para produtividade.

Com base nos componentes de produtividade: número de frutos por planta (NFP), massa média de frutos (MMF) e massa estimada de frutos (MEF) as VCP17 e VPC11 se destacaram entre as demais. Em NFP e MEF com 685 frutos e 1919,4 g de frutos, a VPC17 originária do município amazonense de Manicoré foi superior em relação a que menos produziu, em aproximadamente, 700% em produção de frutos e de quase 2000% em MEF. O rendimento em número e massa baixos, para a maior parte das VCPs avaliadas é, plenamente concebível, para estas pimenteiras que estão sendo cultivadas, pela primeira vez, em condições ambientais totalmente diferentes dos seus locais de origem. Entretanto, valores adaptativos às diferentes condições ambientais foram percebidos a partir da segunda geração de descendentes de pimenteiras do gênero *Capsicum* cultivadas na Amazônia (Silva Filho *et al.*, 2012).

A correta identificação botânica é a primeira etapa da caracterização e avaliação de qualquer sub-amostra. A taxonomia clássica baseia-se principalmente na morfologia. Considerando que as espécies de *Capsicum* são predominantemente autógamias, os taxonomistas usaram para discriminar as diferentes espécies, aquelas características mais conservadas de cada uma delas (Carvalho *et al.*, 2003).

**5.2 Análise das dissimilaridades de 20 variedades crioulas de pimenta murupi estimadas pelas distâncias Generalizadas de Mahalanobis (D<sup>2</sup>). Manaus, AM, 2013.**

Na Tabela 3 constam os valores das dissimilaridades genéticas entre as 20 variedades crioulas de pimenta murupi (VCPs) estimadas pelas distâncias generalizadas de Mahalanobis (D<sup>2</sup>). Detectou-se entre os valores máximos e mínimos, respectivamente, 146136,02 entre as VCP17 e VCP5 e 870,52 entre as VCP4 e VCP8 originárias de Manicoré e São Sebastião do Uatumã e de São Gabriel da cachoeira e Putumayo/Colômbia.

Sob o ponto de vista geográfico as distâncias genéticas entre as VCP17 e VCP5 estão bem explicadas, porque o Rio Purus não tem ligação direta com o rio Uatumã. Com relação à ocorrência de menor distância entre a VCP4 e VCP8 pode-se considerar a ligação do Brasil com o território colombiano na região do Alto Rio Negro, portanto, com ampla possibilidade de haver intercâmbio de sementes entre os agricultores colombianos e brasileiros.

Tabela 3. Dissimilaridades entre variedades crioulas de pimenta murupi (*C. chinense*) estimadas pelas Distâncias Generalizadas de Mahalanobis (D<sup>2</sup>). Manaus, AM, 2013.

VCPs	> DISTÂNCIA	VCPs	< DISTÂNCIA
3 vs 17	72291,92	3 X 25	2794,83
4 vs 17	94036,35	4 X 8	870,52
5 vs 17	146136,02	5 X 12	12206,32
6 vs 17	82891,33	6 X 9	1492,94
7 vs 17	120325,08	7 X 15	1226,95
8 vs 17	92279,98	10 X 12	2844,54
9 vs 17	74379,56	11 X 6	7593,40
10 vs 17	118289,39	16 X 4	2526,37
11 vs 17	84924,12	17 X 20	60365,82
12 vs 17	99791,25	18 X 20	1622,91
15 vs 17	119888,51	22 X 18	1863,22
16 vs 17	83704,22	24 X 20	1789,85
18 vs 17	76423,65	25 X 18	1194,01
20 vs 17	60365,82	26 X 27	1194, 01
22 vs 17	91097,08		
24 vs 17	62848,30		
25 vs 17	66492,41		
26 vs 17	88562,46		
27 vs 17	80297,14		
<b>Maior distância</b>	<b>146136,02</b>	<b>entre VCP5 e VCP17</b>	
<b>Menor distância</b>	<b>870,52</b>	<b>entre VCP4 e VCP8</b>	
<b>Média das distâncias</b>	<b>22928,73</b>		

### 5.3 Agrupamentos envolvendo as 20 pimenteiras em função de suas distâncias genéticas.

No dendograma formado por meio de um corte no eixo x a 50% de distância relativa entre as VCPs, com base no método hierárquico do Vizinho mais Próximo (VMP), pode-se observar que o ponto de máximo foi atingido em um ponto da formação de seis grupos, indicando que este local está relacionado com a menor probabilidade de significância do teste e, conseqüentemente permitindo a interrupção do processo de agrupamento. Sendo assim, seis grupos foram determinados como ideais para análise do agrupamento VPM (Figura 5).

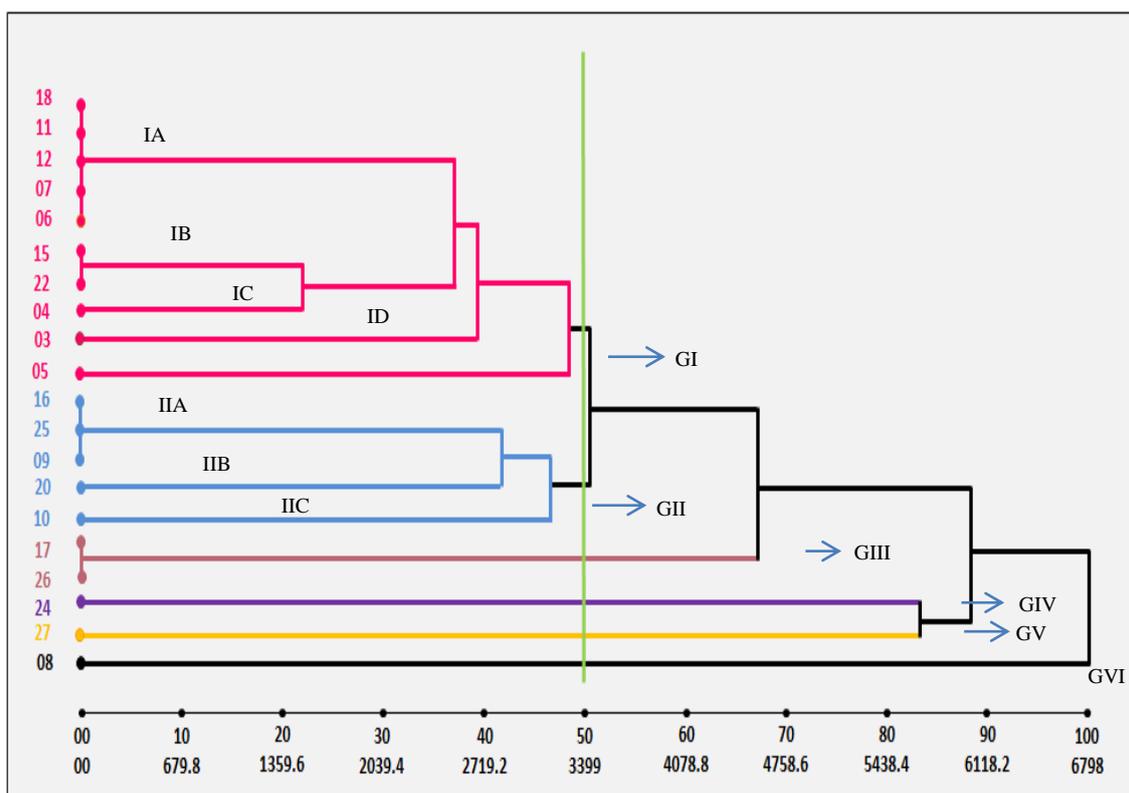


Figura 5. Dendrograma de dissimilaridades genéticas entre 20 variedades crioulas de pimenta murupi, obtido pelo método do Vizinho mais Próximo, com base nas distâncias generalizadas de Mahalanobis ( $D^2$ ), a partir de nove caracteres quantitativos. Manaus, AM, 2013.

Para formação do dendrograma pelo método hierárquico do Vizinho Mais Próximo considerou-se a maior distância obtida pela  $D^2$  (6798) como 100% de distância. No eixo das abcissas foram representadas as porcentagens das distâncias entre

os acessos e no eixo das ordenadas foram representados os 20 acessos (Figura 5). Nos métodos hierárquicos os indivíduos são agrupados por um processo que se repete em vários níveis, até que seja estabelecido o diagrama de árvores ou dendograma (Cruz, 2008).

Dois grupos principais foram estabelecidos pelo dendograma, sendo o primeiro composto pelas variedades VCP3, VCP4, VCP5, VCP6, VCP7, VCP11, VCP12, VCP15, VCP18 e VCP22 e o segundo pelas variedades VCP9, VCP10, VCP16, VCP20 e VCP25. O grupo I (GI) foi, subdividido em quatro subgrupos (IA, IB, IC, ID), formado por 50% das VCPs: VCP18, VCP11, VCP12, VCP7, VCP6, VCP15, VCP22, VCP4, VCP3 e VCP5, procedentes dos municípios amazonenses de Carauari, Tarapoto/Peru, Boca do Acre/AM, Humaitá/AM, Apuí/AM, Barreirinha/AM, Canutama/AM, São Gabriel da Cachoeira/AM, Barcelos/AM, São Sebastião do Uatumã, respectivamente.

O subgrupo IA foi formado pela maioria das variedades, constituído pelas VCPs 18, 11, 12, 07 e 06. Essas se destacaram nos descritores referentes ao crescimento vegetativo e dimensionamento de frutos, a altura das plantas variou de 62,43cm a 100,12 cm, para o diâmetro do caule a variação foi de 4,22 cm a 6,71 cm e a largura da copa foi de 58, 53 cm a 97,78 cm. Para o comprimento do fruto as variações foram de 2,38 cm a 6, 12 cm, o diâmetro do fruto obteve médias de 7,35 cm a 14,38 cm e a espessura da polpa do fruto variou de 1,42 cm a 1,66 cm. Plantas de estatura mais alta, assim como frutos maiores facilitam a colheita do pequeno produtor que não precisa se curvar a posições desconfortantes no momento da colheita, com isso as perdas são menores na produção (EMBRAPA, 2007).

O subgrupo IB formado pelas VCPs 15 e 22 apresentaram similaridade na altura das plantas com médias de 58,72cm e 58,03 cm respectivamente, quanto a produtividade estas variedades obtiveram médias relevantes e satisfatórias para os três descritores avaliados, principalmente para a massa estimada de frutos (MMF) que variou de 236,28g a 363,58g levando em consideração que são plantas de pequeno, atingindo médias superiores a plantas de maior porte. O subgrupo IC formado pela VCP4 se apresentou isolado com médias similares ao subgrupo IA, o subgrupo ID foi formada pela VCP3 uma variedade de estatura pequena com média de 57,54cm para altura da planta, que obteve para a massa estimada do fruto a média de 525,84g, valor superior ao de plantas de estatura mais alta.

O subgrupo ID é composto pela VCP3 é uma planta de pequeno porte, proporcional ao diâmetro do caule e largura da copa, obteve massa média de frutos com média de 525,84g que também se apresentou proporcional ao número de frutos com média de 328,25 frutos/planta.

A VCP5 também faz parte do primeiro grupo com altura atingindo médias de 89,32 cm proporcional ao diâmetro do caule com média de 6,32cm e a largura da copa com 63,12 cm. No tocante do dimensionamento do fruto e da produtividade da planta a variedade não se apresentou com rendimento satisfatório.

O grupo II representado por 25% das VCPs foi considerado o segundo maior grupo. Ele foi integrado pelas VCPs VCP16, VCP25, VCP9, VPC20 e VCP10, originárias de Eirunepé/AM, atalaia do Norte (AN)/AM, Eirunepé, Lábrea/AM, Benjamim Constant (BC)/AM e Iquitos/Peru. Neste grupo as variedades VCP20 e VCP25, são originárias dos municípios geograficamente muito próximos. Portanto, era de se esperar a que a distância genética estimada para as variedades de NA e BC apresentassem entre si a menor entre todas. Entretanto a menor distância genética (1194,01 e 1622,91) encontrada entre a VCP20 (BC) e VCP25 (NA) foi com a VCP18, procedente de Carauari. Essa condição pode ser justificada, ao levar em consideração que os municípios de BC e NA, estão próximos de Tabatinga (TBT) portanto, com amplas possibilidades de haver intercâmbio de sementes com visitantes de outros municípios através do aeroporto de TBT. Comportamento semelhante de hortaliça fruto foi comentado por Aramendiz-Tatis (2011) em estudos realizados com diferentes genótipos de berinjela.

O grupo III concentrou as VPC17 e VPC26, originárias de Manicoré/AM e Letícia/Colômbia, municípios geograficamente muito distantes. Este grupo apresenta similaridade em três dos nove descritores: altura da planta (AP), espessura da polpa (EP) e o número de frutos por planta (NFP). Por isso, podem ser melhoradas geneticamente em função de características que influenciam no incremento da produção de frutos para fins comerciais.

Os grupos isolados IV, V e VI foram considerados os menos similares e os mais distantes geneticamente dos demais. Cada um foi representado, exclusivamente, por uma VCP. As VCPs são provenientes, respectivamente de Jutai/AM (VPC24), Yurimagua/Peru (VCP27) e Putumayo/Colômbia (VPC8). As três VCPs são diferentes em todas as características avaliadas. As VCP24 e VCP27 são semelhantes somente em massa média do fruto.

#### 5.4 Correlações Genóticas ( $r_G$ ), Fenotípica ( $r_F$ ) e Ambiental ( $r_A$ )

Ao analisar a Tabela 4 verificou-se que na maioria dos casos, os 36 pares de caracteres associados apresentaram coeficientes de correlações fenotípica e genética com os mesmos sinais e níveis semelhantes de significâncias. Da mesma forma, 100% dos casos as correlações  $r_G$  e  $r_F$  foram superiores às correlações de ambiente. Apenas 38,89% dos coeficientes de correlações  $r_G$  e  $r_F$  foram significativos em nível de 1% de probabilidade, pela tabela de Fisher e Yates (1968). O melhorista pratica seleção simultânea para vários caracteres correlacionados entre si, baseando-se no sinal e na magnitude da correlação genotípica.

Tabela 4. Estimativa dos coeficientes de Correlação Fenotípica ( $r_F$ ) Genotípica ( $r_G$ ), e Ambiental ( $r_A$ ), em caracteres Diâmetro do caule (DC), altura da planta (AP) largura da copa (CF), comprimento do fruto (CF), diâmetro do fruto (DF), número de frutos por planta (NFP), massa média do fruto (MMF), espessura da polpa (EP) e massa estimada de frutos (MEF) em 20 variedades crioulas de pimenta murupi (*C. chinense*). Manaus, AM, 2013.

CARACTERES	$r_F$	$r_G$	$r_A$	CARACTERES	$r_F$	$r_G$	$r_A$
DC vs AP	<b>0,6576</b>	<b>0,6600</b>	-0,1205	L C vs EP	0,3285	0,3285	0,048
DC vs LC	0,1576	0,1581	0,1079	L C vs NFP	0,2965	0,2965	-0,0086
DC vs MMF	-0,1499	-0,1591	0,0981	L C vs MEF	0,4079	<b>0,498</b>	0,0051
DC vs CF	-0,8125	-0,8172	-0,0681	MMF vs CF	<b>0,4795</b>	<b>0,5014</b>	0,0156
DC vs DF	-0,4872	-0,4887	-0,1	MMF vs DF	<b>0,6775</b>	<b>0,7065</b>	0,066
DC vs EP	-0,1909	-0,1916	0,0474	MM F vs EP	<b>0,803</b>	<b>0,8382</b>	-0,0806
DC vs NFP	-0,3064	-0,3074	0,0165	MMF vs NFP	0,4133	0,4312	0,013
DC vs MEF	-0,1498	-0,1503	0,0308	MMF vs MEF	<b>0,5611</b>	<b>0,5227</b>	-0,0118
AP vs LC	<b>0,5885</b>	<b>0,5886</b>	-0,0921	CF vs DF	<b>0,6400</b>	<b>0,6462</b>	-0,0387
AP vs MMF	-0,1147	-0,1206	0,1501	CF vs EP	<b>0,5015</b>	<b>0,5122</b>	0,0495
AP vs CF	-0,5437	-0,5454	-0,0913	C F vs NFP	<b>0,6058</b>	<b>0,6077</b>	-0,0066
AP vs DF	-0,3369	-0,337	-0,0641	CF vs MEF	<b>0,521</b>	<b>0,5227</b>	-0,0007
AP vs EP	-0,2458	-0,246	0,0795	DF vs EP	<b>0,6362</b>	<b>0,6364</b>	0,0478
AP vs NFP	-0,0808	-0,0809	0,0835	DF vs NFP	0,1597	0,1597	-0,029
AP vs MEF	<b>0,0611</b>	<b>0,6100</b>	0,2014	DF vs MEF	0,1996	0,1996	-0,0164
LC vs MMF	0,3745	0,3906	0,0143	EP vs NFP	0,3252	0,3253	0,0391
LC vs CF	0,0656	0,0659	-0,0538	EP vs MEF	0,382	0,3821	0,0202
LC vs DF	0,0234	0,0234	-0,0382	NFP vs MEF	<b>0,9618</b>	<b>0,962</b>	0,0503

Números realçados em negrito são significativos em nível de 5% (\*) ou 1% (\*\*) de probabilidade pelo teste de Fisher e Yates.

Geralmente, em programa de melhoramento vegetal, os pesquisadores praticam seleção simultânea para vários caracteres correlacionados entre si, baseando-se no sinal e magnitude da correlação genética. Por isso, na interpretação da presente pesquisa, maior ênfase será dada as correlações genotípicas, por assumirem um valor prático nos trabalhos de melhoramento (Hartwig *et al.* 2006).

Por meio das associações entre os pares de caracteres da parte vegetativa das plantas DC e AP ( $r_G = 0,6576^*$ ), AP e LC ( $r_G = 0,6600^*$ ) é viável a seleção, de genótipos para o melhoramento da pimenteira. Plantas de estatura altas podem aumentar a largura da copa de uma planta, podendo favorecer no aumento do número de frutos que resultaria em maior lucro ao produtor de pimentas.

Considerando que os caracteres da parte vegetativa AP e LC têm influência na produção de frutos de uma planta qualquer, eles se correlacionaram em diferentes magnitudes positivas com o caráter MEF: AP e MEF ( $r_G = 0,61^*$ ) e LC e MEF ( $r_G = 0,498^*$ ). Um fato importante que deve ser ressaltado é que os coeficiente de correlação fenotípica encontrado entre os caracteres AP e MEF boa magnitude e positivo. Portanto, selecionando genótipos com rendimento elevado em massa de frutos, indiretamente, estarão sendo selecionadas plantas com estaturas ideais para o aumento da produtividade da pimenta murupi da Amazônia.

Houve correlação significativa e positiva entre CF e MMF, ( $r_G = 0,50^*$ ), DF ( $r_G = 0,64^*$ ), EP ( $r_G = 0,51^*$ ), NFP ( $r_G = 0,60^*$ ), MEF ( $r_G = 0,52^*$ ). Dentre estas importantes correlações observa-se que o caráter CF exerceu associações com os componentes de produtividade: NFP e MEF. Estas associações foram relatadas por Souza *et al.* (2012), com estudos de tomate. Correlações positivas entre estas características de importância econômica também foram relatadas por Anjunet *et al.* (2009).

O caráter diâmetro do fruto (DF) apresentou correlação positiva genética e fenotípica entre EP ( $r_G = 0,84^{**}$ ), EP ( $r_G = 0,64^*$ ). Estas correlações por terem efeitos diretos e positivos indicam que a relação entre eles à possibilidade de explorar a potencialidade desta característica para a seleção direta eficaz para melhorar as VCPs de pimentas da Amazônia. Resultados semelhantes foram citados por Tasisa *et al.* (2012) e Ghosh *et al.* (2010), com pesquisas para o melhoramento do tomate e pimentão.

Com relação aos componentes de produção, observou-se uma correlação muito forte entre o número de frutos por planta (NFT) e massa estimada de frutos (MEF) ( $r_G = 0,96^{**}$ ). No geral os caracteres AP, LC, EP, e CF, foram responsáveis para o

rendimento no número e produção estimada de frutos. Os caracteres altura da planta (AP) e comprimento do fruto foram considerados por Haydar *et al.* (2007), como determinante para a produção de frutos de tomate. Neste estudo com as variedades de pimenta, o número de frutos exerceu efeito positivo e direto sobre o rendimento. Isto mostra claramente que os factores genéticos contribuiu mais do que os factores ambientais para as correlações estudadas e que o fenótipo de expressão adequada do genótipo.

A evidência muito significativa da ocorrência de correlações genética e fenotípica com valores e sinais iguais entre os caracteres avaliados torna claramente que os factores genéticos contribuíram mais do que os factores ambientais para as correlações estudadas. Por isso, o fenótipo dessas pimenteiras pode ser considerado como a expressão adequada do genótipo. Por outro lado, há de se convir que os resultados deste estudo sejam válido apenas para os genótipos incluídos neste trabalho. Mas as associações observadas serão valiosas para o desenvolvimento de híbridos de pimenta murupi, envolvendo os genótipos estudados.

## 6. CONCLUSÕES

- A variedade VCP17 originária do município amazonense de Manicoré reuniu características da parte vegetativa da planta (diâmetro do caule, altura da planta e largura da copa), das dimensões dos frutos (comprimento, diâmetro e espessura), dos componentes de produtividade (número de frutos, massa média do fruto e massa estimada de frutos) muito importantes indicando-a para o cultivo comercial no estado do Amazonas.
- Neste estudo com as variedades de pimenta, além do caráter número de frutos, os caracteres largura do fruto, massa média do fruto, comprimento do fruto, exerceram efeito positivo e direto sobre o rendimento. Isto mostra claramente que os fatores genéticos contribuíram mais do que os ambientais para as correlações examinadas e que o fenótipo é a expressão adequada do genótipo.
- O método de agrupamento hierárquico do Vizinho Mais Próximo com base nas distâncias generalizadas de Mahalanobis mostrou-se eficiente em diferenciar as 20 VCPs de pimenta murupi. Diante dos seis grupos formados pelo dendrograma, cinco VCPs (VCP8, VCP17, VCP24 e VCP27) foram selecionadas para o aproveitamento como progenitores em programa de melhoramento da pimenta murupi no estado do Amazonas.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCSEM – Associação Brasileira do Comércio de mudas e sementes, 2007. Pesquisa de mercado de sementes de hortaliças. (<http://www.abcsem.com.br/dadosdo segmento.php>). Acesso: 15/05/2013.

AGROINDÚSTRIA TROPICAL. 2001. Relatório de visita ao agronegócio de produção de pasta de pimenta picante da fazenda Avaí, CE. Fortaleza. 20 p.

Almeida, C. M. C. V.; Dias, L. A. S.; Okabe, E. T.; Medeiros, J. R. P. 2005. Variability in genetic resources of cacao in Rondônia, Brazil. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 5(3): 318-324.

Anjum A.; Raj N; Nazeer A.; Kahn S. H. 2009. Genetic variability and selection parameters for yield and quality attributes in tomato. *Indian Journal of Horticulture*. 66:73-78.

Antonio, I. C. 2009. Boletim agrometeorológico. *Embrapa Amazônia Ocidental*, Manaus, AM. 28 p.

Antonious, G. F.; Berke, T.; Jarret, R. L. 2009. Pungency in *Capsicum chinense*: variation among countries of origin. *Journal of Environmental Science and Health*, 44:179-184.

Aramendiz-Tatis H.; Sudré C. P.; Gonçalves L. S. A.; Rodrigues R. 2011. Potencial agrônomo e divergência genética entre genótipos de berinjela nas condições do Caribe Colombiano. *Horticultura Brasileira* 29: 174-180.

Ávila, A. C.; Inoue-Nagata, A. K.; Costa, H.; Boiteux, L. S.; Neves, L. O. Q.; Pretes, R. S.; Bertini, L. A. 2004. Ocorrência de viroses em tomate e pimentão na região serrana do estado do Espírito Santo. *Horticultura Brasileira* 22 (3): 655-658.

Azevedo, C. P.; Café Filho, A. C.; Henz, G. P.; Reis, A. 2005. Pimentão: antracnose arrasadora. *Cultivar HF*, 18-20p.

Batista, M.R.A. 2011. Variabilidade genética em populações de *Capsicum* spp. não pungentes cultivadas na Amazônia. Dissertação de mestrado. INPA, Manaus, Amazonas. 78p.

Barbosa, R. I.; LUZ, F. J. F.; Nascimento Filho, H. R.; Maduro, C. B. 2002. Pimentas do gênero *Capsicum* cultivadas em Roraima, Amazônia brasileira. I. Espécies domesticadas. *Acta amazônica*, v. 32, n. 2, p. 177-192.

Benin, G.; Carvalho, F. I. F.; Oliveira, A. C.; Assmann, I. C.; Floss, E. L.; Lorencetti, C.; Marchioro, V. S.; Silva, J. G. 2003. Implicações do ambiente sobre o rendimento de grãos de aveia e suas influências sobre estimativas de parâmetros genéticos. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v.9, n.3, p.207-214.

Bento, C. S.; Sudre, C. P.; Rodrigues, R.; Riva, E. M.; Pereira, M. G. 2007. Descritores qualitativos e multicategóricos na estimativa da variabilidade fenotipicamente acessos de pimentas. *Scientia Agraria*, v. 8, n. 2, p. 149-156.

Bianchetti, L. B.; Carvalho, S. I. C. 2005. Subsídios à coleta de germoplasma de espécies de pimentas e pimentões do gênero *Capsicum* (Solanáceas). Brasília, DF. *Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia*, p. 355-385.

Bosland, P.W.; Votava, E.J. 1999. Peppers: vegetable and spice *Capsicums*, New York: *CABI Publishing*, 204 p.

Buso, G. S. C.; Tavares, H. M. F.; Buso J. A. 2002. Avaliação da variabilidade genética de acessos de melão tipo Cantaloupe utilizando marcadores moleculares RAPD. Brasília, DF: *Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia*, 19p.

Blat, S. F.; Costa, C. P.; Vencovsky, R.; Sala, F. C. 2006. Hot pepper (*Capsicum chinense* Jacq.). Inheritance of reaction to owdery mildew. *Sci. Agric*, 63 (5): 471-474.

Blat, S. F.; Braz, L. T.; Arruda, A. S. 2007. Avaliação de híbridos duplos de pimentão. *Horticultura Brasileira*, 25: 350-354.

Caixeta, F. 2009. *Alterações fisiológicas e bioquímicas durante o desenvolvimento, a germinação e o armazenamento em sementes de pimenta malagueta (Capsicum frutescens L.) e Habaneroyellow (Capsicum chinense)*. Dissertação de Mestrado em Agronomia. Universidade Federal de Lavras. Lavras-MG, 111p.

Caixeta, A. M.; Santos, S. S.; Gonçalves L. D.; Faria J. P. B.; Côrrea R. M. 2010. Caracterização morfoagronômica de acessos e cultivares de pimenta. III Jornada científica. IFMG, Bambuí, Minas Gerais. CD-ROM.

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

Carvalho, S. I. C.; Bianchetti, L. B. Botânica, 2004. . Embrapa hortaliças: versão eletrônica. ([www.cnph.embrapa.br/sistprod/pimenta/botanica.htm](http://www.cnph.embrapa.br/sistprod/pimenta/botanica.htm)). Acesso: 10/06/2012.

Carvalho, S. I. C.; Bianchetti, L. B. e Reifschneider, F. J .B. (2009) - Registro e proteção de cultivares pelo setor público: a experiência do programa de melhoramento de *Capsicum* da Embrapa Hortaliças. *Horticultura Brasileira*27: 135-138.

Castro, S. P.; Dávila, M. A. G. 2008. Caracterización morfológica de 93 accesiones de *capsicum* spp del banco de germoplasma de la universidad nacional de colombia – sede palmira. *acta agronómica*, 57(4):247-252.

Cintra, M. M. D. F.; Pinheiro, J. B.; Sibov, S. T. Genetic divergence among *Curcuma longa* L. accessions. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v. 5, n. 4, p. 410-417, 2005.

Corrêa, L. B.; Barbieri, R. L.; Silva, J. B. 2007. Caracterização da viabilidade polínica em acessos de *Capsicum* (Solanaceae). *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, 5 (1): 660-662.

Costa, N. H. de A. D.; Seraphin, J. C.; Zimmermann, F. J. P. 2002. Novo método de classificação de coeficientes de variação para a cultura do arroz de terras altas. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, 37 (3): 243-249.

Costa, F. R.; Pereira, T. N. S.; Vitória, A. P.; Campos, K. P.; Rodrigues, R.; Silva, D. H.; Pereira, M. G. 2006. Genetic diversity among *Capsicum* accessions using RAPD markers. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 6:18-23.

Costa L. V.; Bentes J. L. S.; Alves S. R. M.; Viana Junior J. M.; Rocha M. Q. 2011. Caracterização morfológica de pimentas (*Capsicum spp.*) do Amazonas. *Horticultura Brasileira* 29: S3402-S3410.

Clement, C. R. 2001. Melhoramento de espécies. In: Nass, L. L.; Vallois, A. C.; Melo, I. S.; Valadares-Ingliš, M. C. (Eds). *Recursos genéticos e melhoramento: plantas*. Rondonópolis: Fundação MT. P. 424-441.

Cruz, C. D. 2001. *Programa genes (versão Windows): Aplicativo computacional em genética e estatística*. Viçosa: UFV, 648p.

Cruz, C. D.; Carneiro, P. C. S. 2003. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa: UFV, 585p.

Cruz, C. D.; Regazzi, A. J. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa: UFV, 1994, 390 p.

Cruz, C. D. 2008. *Programa genes: Diversidade genética*. Viçosa: UFV, 278p.

Cronquist, A. 1981. An integrated system of classification of flowering plants. New York: *Columbia University Press*. 1262 p.

Dias, P. R. P. 2004. *Caracterização de Isolados e Reação de Capsicum spp. ao Cucumber Mosaic Virus (CMV)*. Tese de Doutorado em Agronomia. Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, Botucatu-SP, 95p.

Domenico C. I. 2011. *Caracterização agronômica e pungência em pimenta (Capsicum chinense Jacq.)*. Dissertação de mestrado. IAC, Campinas - São Paulo. 48p.

Domenico C. I.; Coutinho J. P.; Godoy H. T.; Melo A. M. T. 2012. *Caracterização agronômica e pungência em pimenta de cheiro*. Horticultura Brasileira 30: 466-472.

Dominguez, O.; Peske, S. T.; Villela, F. A.; Baudet, L. 2000. *Sistema informal de sementes: causas, conseqüências e alternativas*. Pelotas: UFPel, 207p.

EMBRAPA (Brasília, DF). *Pronapa 95: Programa Nacional de Pesquisa Desenvolvimento da Agropecuária*. Brasília, 1995, v. 21, p. 21-35.

EMBRAPA - Embrapa clima temperado. *Potato and pepper research group*. ([www.cpact.embrapa.br](http://www.cpact.embrapa.br)). Acesso: 15/10/2012.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2007. *Sistema de produção. Pimenta (Capsicum spp.)*. ([http://sistemasdeprodução.cnpti.embrapa.br/Fontes:HTML/Pimenta/Pimenta\\_capsicum\\_spp/importanciaeconomica.html](http://sistemasdeprodução.cnpti.embrapa.br/Fontes:HTML/Pimenta/Pimenta_capsicum_spp/importanciaeconomica.html)). Acesso: 14/05/2013.

Eshbaugh, W. H. 1993. *History and exploitation of a serendipitous new crop discovery*. In: *Janick, J. and Simon, J.E.* New York: New crops.132-139p.

Falconer, D. S. 1987. *Introdução à genética quantitativa*. Viçosa: UFV. 279p.

Fonseca, R. M.; Lopes, R.; Barros, W. S.; Lopes, M. T. G.; Ferreira, F. M. 2008. *Morphologic characterization and genetic diversity of Capsicum chinense Jacq.*

Accessions along the upper Rio Negro – Amazonas. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 8:187-194.

Ferreira C.A.; Ferreira R.L.C.; Santos D.C.; Santos M.V.F.; Silva J.A.A.; Lira M.A.; Molica S.G. Utilização de Técnicas Multivariadas na Avaliação da Divergência Genética entre Clones de Palma Forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill.). 2003. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.6, p.1560-1568.

Floss, E. L. 2003. Estratégias de pós-melhoramento. II Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas. Porto Seguro-BA, Anais.

Ghosh K. P.; Islam A. K. M. A.; Mian M. A. K.; Hossain M. M. 2010. Variability and character association in F<sub>2</sub> segregating population of different commercial hybrids of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of Applied Science and Environmental Management*, 14:91-95

Hawkes, J. G. Germplasm collection, preservation, and use. In: FREY, K. J., ed. *Plant Breeding II*. Ludhiana: Kalyani Publishers, 1982. p. 57-83.

Hartwig, I.; Carvalho, F. I. F.; Oliveira, A. C. 2006. Correlações fenotípicas entre caracteres agrônômicos de interesse em cruzamentos dialélicos de aveia branca. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, 12 (3):273-278.

Haydar A.; Mandal M. A.; Ahmed M. B.; Hannan M. M.; Karim R.; Razvy M. A.; Roy U. K.; Salahin M. 2007. Studies on genetic variability and unter relationship among the different traits in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Middle-East. *Journal of Scientific Research* 2:139-142.

IBPGR. Annual Report 1987. Rome, 1988

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística , 2013. Mapas ([www.ibge.gov.br/mapas\\_temáticos/físico/regionais](http://www.ibge.gov.br/mapas_temáticos/físico/regionais)) acesso: 30/04/2013.

IPGRI - International Plant Genetic Resources Institute, 1995. *Descritores para Capsicum (Capsicum spp.)*. Roma: IPGRI. 51p.

Jarret R. L.; Berke T. 2008. Variation for fruit morphological characteristics in a *Capsicum chinense* Jacq. germplasm collection. *Hort Science* 43: p. 1694-1697.

Karasawa, M.; Rodrigues, R.; Sudré, C. P.; Silva, M. P.; Riva, E. M.; Amaral Júnior, A. T. 2005. Aplicação de métodos de agrupamento na quantificação da divergência genética entre acessos de tomateiro. *Horticultura Brasileira*, v. 23, n. 4, p. 1000-1005.

Kurek, A. J. et al. Coeficiente de correlação entre caracteres agronômicos e de qualidade de grãos e sua utilidade na seleção de plantas de aveia. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.32, n.3, p.371-376, 2002.

Lannes, S. D.; Finger, F. L.; Schuelter, A. R.; Casali, V. W. D. 2007. Growth and quality of Brazilian accessions of *Capsicum chinense* fruits. *Scientia Horticulture*, v. 112, n. 3, p. 266-270.

Lefebvre, V.; Goffinet, B.; Chauvet, J. C.; Caromel, B., Signoret, P.; Brand, R.; Palloix, A. Evaluation of genetic distances between pepper inbred lines for cultivar protection purposes: comparison of AFLP, RAPD and phenotypic data. *Theoretical and Applied Genetics*, v. 102, n. 5, p. 741-750, 2001.

Lins, T. C. L.; Lourenço, R. T.; Tavares, H. M. F.; Reifscheider, F. J. B.; Ferreira, M. E.; Cortopassi Buso, G. S. 2001. Caracterização molecular e análise de diversidade genética de acessos de *Capsicum* utilizando marcadores moleculares. ([www.sbmp.org.br/cbmp2001/area4/04Resumo.158.htm](http://www.sbmp.org.br/cbmp2001/area4/04Resumo.158.htm)).

Lopes, C. A. 2002. Uso da diversidade genética de pimentas e pimentão para o desenvolvimento de genótipos de interesse do agronegócio brasileiro. Embrapa hortaliças: versão eletrônica. (<http://www.cnph.embrapa.br/projetos/capsicum/Indexf-3sub1.htm>). Acesso: 02/10/2012.

Machado, C. F.; Nunes, G. H. S.; Ferreira, D. F.; Santos, J. B. 2002. Genetic Divergence among genotypes of common bean through of multivariate techniques. *Ciência Rural*, v. 32, n. 2, p. 251-258.

McLeod, M. J.; Guttman, S. I.; Enshbaugh, W. H. Early evolution of chili peppers (*Capsicum*). *Economic Botany*, v.36, n.4, p.361-368, 1982.

Mahalanobis, P. C. 1936. On the generalized distance in statistics. *Proceedings of the National Institute of Sciences of India* 2 (1): 49–55.

Marchioro, V. S.; Carvalho, F. I. F.; Oliveira, Antônio, C.; Lorencetti, C.; Benin, G.; Silva, J. A. G.; Kurek, A. J.; Hartwig, I. 2003. Herdabilidade e correlações para caracteres de panícula em populações segregantes de aveia. *R. bras. Agrociência*, 9(4): 323-328.

Moreira, G. R.; Caliman, F. R. B.; Silva, D.J. H.; Ribeiro, C. S. C. 2006. Espécies e variedades de pimenta. *Informe Agropecuário*, v. 27, n. 235, p. 16-29.

Moscone E. A.; Scaldaferrro M. A.; Grabielle M.; Cecchini N. M.; García Y. S.; Jarret R.; Daviña J. R.; Ducasse D. A.; Barboza G. E.; Ehrendorfer F. 2007. The evolution of chili peppers (*Capsicum* – Solanaceae): a cytogenetic perspective. *Acta Horticulturae* 745: 137-169.

Moura, W. M.; Casali, V. W. D.; Cruz, C. D.; Lima, P. C. 1999. Divergência genética em linhagens de pimentão em relação à eficiência nutricional de fósforo. *Pesquisa agropecuária brasileira*, v. 34, n. 2, p. 217-224.

Nascimento Filho, F.; Atroch, A. L.; Sousa, N. R.; Garcia, T. B.; Cravo, M. S.; Coutinho, E. F. 2001. Divergência genética entre clones de guaraná. *Pesquisa agropecuária brasileira*, v. 36, n. 3, p. 501-506.

Nascimento, I. R.; Maluf, W. R.; Faria M. V.; Valle, L. A. C.; Menezes, C. B.; Benites, F. R. G. 2004. Capacidade combinatória e ação gênica na expressão de caracteres de importância econômica no pimentão. *Ciênc. Agrotec.* 2:251-260.

Nass, L. L.; Valois, A. C. C.; Melo, I. S.; Valadares-Inglis, M. C. 2001. Recursos genéticos e melhoramento-plantas. *Rondonópolis: Fundação MT.* 1183 p.

Neitzke, R. S.; Barbieri, R. L.; Heiden, G.; Castro, C. M. 2008. Divergência genética entre variedades locais de *Capsicum baccatum* utilizando caracteres multicategóricos. *Magistra*, v.20, n.3, p.249-255.

Neitzke R. S.; Barbieri R. L.; Heiden G; Büttow M. V.; Oliveira C. S.; Corrêa L. B.; Schwengber J. E.; Carvalho F. I. F. 2009. Caracterização morfológica e dissimilaridade genética entre variedades crioulas de melão. *Horticultura Brasileira* 27: 534-538.

Neitzke, R. S.; Barbieri, R. L.; Heiden, G.; Castro, C. M. 2010. Dissimilaridade genética entre acessos de pimenta com potencial ornamental. *Horticultura Brasileira* 28: 47-53.

Nuez, F.; Ortega, R. G.; costa, J. 1996. El cultivo de pimientos, chiles y ajies. *Madri: Mundi-Prensa.* 607 p.

Oliveira, F. J.; Anunciacao Filho, C. J.; Bastos, G. Q.; Reis, O. V. 2003. Genetic divergence among cultivars of cowpea. *Pesquisa agropecuária brasileira*, v. 38, n. 5, p. 605-611.

Olorode, O. 2004. Conservation of Plant Genetic Resources. *African Journal Traditional CAM*, v. 1, n. 1, p. 4-14.

Pereira, F. H. F.; Puiatti, M.; Miranda, G. V.; Silva, D. J. H.; Finger, F. L. 2003. Divergência genética entre acessos de taro utilizando caracteres morfoqualitativos de inflorescência. *Horticultura Brasileira*, v. 21, n. 1, p. 116-118

Pereira, L. P. et al. Número de cromossomos em populações de *Achyrocline satureioides* Lam. *Ciência Rural*, v.36, p.678-681, 2006. Disponível em: (<http://www.scielo.br/pdf/cr/v36n2/a52v36n2.pdf>). Acesso realizado em: 20/04/2013.

Pino, J.; González, M.; Ceballos, L.; Centurión-Yah, A. R.; Trujilloaguirre, J.; Latournerie-Moreno, L.; Sauri-Duch, E. 2007. Characterization of total capsaicinoids, color and volatile compounds of habanero chilli pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) cultivars in Yucatan. *Food Chemistry*, 104:1682-1686.

Prohens J; Blanca J; Nuez F. 2005. Morphological and molecular variation in a collection of eggplants from a secondary center of diversity: Implications for conservation and breeding. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 130: 54-63.

Queiroz, M. A.; Lopes, M. A. 2007. Importância dos recursos genéticos para o agronegócio. In: NASS, L.L. (ed.) *Recursos genéticos vegetais*. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. p.281-305.

Ramalho, M. A. P; Santos, J. B; Pinto, C. A. B. P. 2004. *Genética na Agropecuária*. Lavras: UFLA. 472p.

Reiifschneider, F. J. B. 2000. *Capsicum Pimentas e Pimentões do Brasil*. Brasília, DF: Embrapa comunicação para transferência de tecnologia/ Embrapa Hortaliças. 113p.

Riva-Souza, E. M.; Rodrigues, R.; Sudré, C. P.; Amaral Junior, A. T. 2007, Obtaining pepper F<sub>2.3</sub> Lines with resistance to the bacterial spot using the pedigree method. *Horticultura Brasileira*, 25:567-571.

Rufino, J. L. S.; Penteadó, D. C. S. 2006. Importância econômica, perspectivas e potencialidades do mercado para pimenta. *Informe Agropecuário*, v. 27, n. 235, p.7-15.

Silva Filho, D. F. 1994. *Variabilidade genética em 29 populações de cubiu (Solanum tojiro Humbl. & Bonpl. Solanaceae) avaliada na Zona da Mata do estado de Pernambuco*. Dissertação de Mestrado, UFRPE: Recife, PE, 80p.

Silva Filho, D. F.; Oliveira, M. C.; Martins, L. H. P.; Noda, H.; Machado, M. 2009. *Diversidade fenotípica em pimenteirias cultivadas na Amazônia*. Seminário de iniciação científica da universidade estadual do maranhão. São Luiz, MA. 6p.

Silva Filho, D. F.; Blind, A. D.; Soares, J. E. C.; Machado, F. M.; Noda, H.; Aguiar, M. R. B. 2012. Seleção de etnovarietades de pimenta murupi (*Capsicum chinense* Jacq.) originárias da região do alto rio Negro no estado do Amazonas. *Horticultura Brasileira*, 30: 4379-4385.

Souza, L. M.; Luders, R. R.; Melo, P. C. T.; Melo, A. M. T. 2012. Correlations between yield and fruit quality characteristics of fresh market tomatoes. *Horticultura Brasileira*, 30: 627-631.

Soto Ballesteros, M. Bananos: técnicas de producción, poscosecha y comercialización. 3.ed. San José: Litografía e Imprenta Lil, 2008. 1 CD-ROM.

Sudré, C. P.; Rodrigues, R.; Riva, E. M.; Karasawa, M.; Amaral Junior, A. T. 2005. Divergência genética entre acessos de pimenta e pimentão utilizando técnicas multivariadas. *Horticultura brasileira*, v. 23, n. 1, p. 22-27.

Sudré, C. P.; Cruz, C. D.; Rodrigues, R.; Riva, E. M.; Amaral Júnior, A. T.; Silva, D. J. H.; Pereira, T. N. S. 2006. Variáveis multicategóricas na determinação da divergência genética entre acessos de pimenta e pimentão. *Horticultura Brasileira*, v. 24, n. 1, p. 88-93.

Sudré, C. P.; Gonçalves, L. S. A.; Rodrigues, R.; Amaral Júnior, A. T.; Riva Souza, E. M.; Bento, C. S. 2010. Genetic variability in domesticated *Capsicum* spp. as assessed by morphological and agronomic data in mixed statistical analysis. *Genetics and Molecular Research*, 9(1):283-294.

Scott, A. J.; Knott, M. A. 1974. Cluster analysis methods for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics*, 30: 507-512.

Tasisa J.; Belew D.; Bantte K. 2012. Genetic associations analysis among some traits of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) genotypes in West Showa, Ethiopia. *International Journal of Plant Breeding and Genetics* 6:129-139.

Taware, S. P.; Halvankar, G. B.; Raut, V. M.; Patil, V. P. 1997. Variability, correlation and path analysis in soybean hybrids. *Soybean Genetics Newsletter*, v.24, p.96-98.

Tofanelli, M. B. D.; Amaya-Robles, J. E.; Rodrigues, J. D.; Ono, E. O. 2003. Ácido giberélico na produção de frutos partenocárpicos de pimenta. *Horticultura Brasileira*, v. 2, n. 1, p. 116-118.

Valls, J. F. M. 2007. *Caracterização de recursos genéticos vegetais*. In: NASS, L.L. (Ed.) Recursos genéticos vegetais. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. p. 281-305.

Valois, A. C. C.; Salomão, A. N.; Allem, A. C. 2001. *Glossário de Recursos Genéticos Vegetais*. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 62 p.

Vilela, F. O.; Amaral Júnior, A. T.; Pereira, M. G.; Scapim, C. A.; Viana, A. P.; Freitas Júnior, S. P. 2008. Effect of recurrent selection on the genetic variability of the UNB-2U popcorn population using RAPD markers. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 30, n. 1, p. 25-30.

Votava, E. J.; Nabhan, G. P.; Bosland, P. W. 2002. Genetic diversity and similarity revealed via molecular analysis among and within an *in situ* population and *ex situ* 27 accessions of chiltepín (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*). *Conservation Genetics*, v. 3, n. 2, p. 123-29.

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

Zimmer, P. D.; Oliveira, A. C.; Malone, G. 2005. Ferramentas da biotecnologia no melhoramento genético vegetal. Pelotas: Editora Gráfica Universitária – UFPEL, 158 p.