

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA TROPICAL

The seal of the Universidade Federal do Amazonas is a circular emblem. It features a central shield with a cross, surrounded by a laurel wreath. Above the shield are three stars. The text "UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS" is written in a circle around the top, and "IN UNIVERSA SCIENTIA VERITAS" is written around the bottom. The seal is rendered in a light gray color.

PRÉ-MELHORAMENTO EM *CAPSICUM*: IDENTIFICAÇÃO DE
ESPÉCIES, HIBRIDAÇÃO INTERESPECÍFICA E
VARIABILIDADE GENÉTICA EM CARACTERES DE
SEMENTES

SILFRAN ROGERIO MARIALVA ALVES

MANAUS

2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA TROPICAL

SILFRAN ROGERIO MARIALVA ALVES

PRÉ-MELHORAMENTO EM *CAPSICUM*: IDENTIFICAÇÃO DE
ESPÉCIES, HIBRIDAÇÃO INTERESPECÍFICA E
VARIABILIDADE GENÉTICA EM CARACTERES DE
SEMENTES

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Agronomia Tropical, área de concentração em Produção Vegetal.

Orientadora Prof^a. Dr^a. Maria Teresa Gomes Lopes

Coorientadora Dr^a. Debora Clivati

MANAUS

2015

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).)

A474p Alves, Silfran Rogério Marialva
Pré-melhoramento em Capsicum: identificação de espécies, hibridação interespecífica e variabilidade genética em caracteres de sementes / Silfran Rogério Marialva Alves. 2015
116 f.: il. color; 29,7 cm.

Orientadora: Maria Teresa Gomes Lopes
Coorientadora: Debora Clivati
Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) — Universidade Federal do Amazonas.

1. Capsicum. 2. Infravermelho Próximo. 3. Variabilidade Genética. 4. Parâmetros Genéticos. I. Lopes, Maria Teresa Gomes II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

SILFRAN ROGÉRIO MARIALVA ALVES

PRÉ-MELHORAMENTO EM *CAPSICUM*: IDENTIFICAÇÃO DE ESPÉCIES, HIBRIDAÇÃO INTERESPECÍFICA E VARIABILIDADE GENÉTICA EM CARACTERES DE SEMENTES

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Agronomia Tropical, área de concentração em Produção Vegetal.

Aprovada em 30 de janeiro de 2015

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Maria Teresa Gomes Lopes, Presidente
Universidade Federal do Amazonas

Dr. Santiago Linorio Ferreyra Ramos, Membro
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Pedro de Queiroz Costa Neto, Membro
Universidade Federal do Amazonas

Profa. Dra. Liane Cristine Rebolças Demosthenes, Membro
Universidade Federal do Amazonas

Dr. Mágnio Sávio Ferreira Valente, Membro
Universidade Federal do Amazonas

*Aos meus pais João José Paes Alves e Maria Izabete Figueira Marialva,
aos meus irmãos pelo estímulo, apoio
e compreensão*

Ofereço

Em especial à minha filha Izabelle Marialva e a minha esposa Lucifrancy Vilagelim Costa que com amor, dedicação e paciência foram os grandes responsáveis pelos méritos deste trabalho.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, único ser capaz de nos proteger, a todo e qualquer instante.

Obrigado pela vida e o saber.

Ao glorioso São Joaquim e a Santa Ana pelas graças concedidas.

Aos meus pais e irmãos pela força e incentivo.

A Universidade Federal do Amazonas, pela oportunidade.

A CAPES pelo apoio, estímulo e ajuda financeira em parte dessa trajetória.

Aos professores do Curso de Agronomia Tropical.

A minha orientadora Maria Teresa Gomes Lopes pelo apoio.

A Lucifrancy Costa, pelo incentivo e colaboração em todas as etapas deste trabalho.

Aos funcionários técnicos da UFAM José Nascimento, Frank, Moacir e Antônio pela amizade e colaboração.

Aos amigos Januário Viana Jr., Daniel Azevedo, Atman Campelo, Douglas Pinheiro, João Vitor, Gilson Chia, Liliane Oliveira, Anselmo Ferreira, Rodolfo Pessoa, Cristóvão Plácido Jr., Tatiana Calderaro, Hellen Medeiros, Adriana Uchoa, Raianny, Antônia Lima, João Neto, Erica Souza, Kildare Serrão, Márcia Pena, Wanderléia Ribeiro, Marcus Vinicius, Jaison Oka e a todos que tive oportunidade de conviver e que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE TABELAS	12
RESUMO GERAL	14
ABSTRACT	15
1. INTRODUÇÃO	16
2. REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1. O Gênero <i>Capsicum</i> spp.....	19
2.2 Origem e evolução	23
2.3. Importância econômica	26
2.4 Espectroscopia na região do infravermelho próximo para uso na descrição de espécies	31
2.5. Melhoramento de <i>Capsicum</i> spp.....	35
2.6 Hibridação interespecífica no gênero <i>Capsicum</i>	37
2.7 Variabilidade genética em germinação e vigor de sementes	40
3. REFERÊNCIAS	44
4. CAPÍTULO 1. Discriminação de espécies de <i>Capsicum</i> L. com espectroscopia no infravermelho próximo (NIR)	53
RESUMO.....	53
4. CHAPTER 1. Discrimination of <i>Capsicum</i> spp. using near infrared spectroscopy (NIR).....	54
ABSTRACT	54
4.1. INTRODUÇÃO	55
4.2 OBJETIVOS	57
4.2.1 Geral.....	57
4.2.2 Específicos	57
4.3. MATERIAL E MÉTODOS.....	58
4.3.1.Espectroscopia no infravermelho próximo (NIR)	58
4.3.1.1 Material.....	58
4.3.1.2 Coleta espectral.....	58
4.3.1.3. Análise estatística dos dados.....	59

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
4.5 CONCLUSÕES	64
4.6. REFERÊNCIAS.....	65
5. CAPÍTULO 2 – Hibridação interespecífica entre <i>Capsicum annuum</i> e <i>Capsicum chinense</i>	69
RESUMO.....	69
5. CHAPTER 2 – Interspecific hybridization between <i>Capsicum annuum</i> and <i>Capsicum chinense</i>	70
ABSTRACT	70
5.1. INTRODUÇÃO	71
5.2 OBJETIVOS	74
5.2.1 Geral.....	74
5.2.2. Específicos:.....	74
5.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	75
5.3.1 Coleta e armazenamento do material	75
5.3.1.1 Local de condução dos experimentos.....	75
5.3.1.2 Material vegetal	75
5.3.1.3. Produção de mudas.....	76
5.3.1.4. Compatibilidade do cruzamento entre <i>C. chinense</i> Jacq. e <i>C. annuum</i> L.	78
5.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	81
5.5. CONCLUSÕES	84
5.6. REFERÊNCIAS.....	85
6. CAPÍTULO 3 – Estimativa de parâmetros genéticos de caracteres de germinação de sementes em <i>Capsicum chinense</i> (Jacq.).....	87
RESUMO.....	87
6. CHAPTER 3 – Estimation of genetic parameters for seed germination characters in <i>Capsicum chinense</i> (Jacq.).	88
ABSTRACT	88
6.1. INTRODUÇÃO	89
6.1.1. Parâmetros Genéticos.....	90

6.2. OBJETIVO	92
6.3. MATERIAIS E MÉTODOS	93
6.3.1. Geminação e Vigor de Sementes.....	93
6.3.2 Características avaliadas	94
6.3.2 Análise Estatística	96
6.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	101
6.5. CONCLUSÃO	112
6.6. REFERÊNCIAS.....	113

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Equipamento utilizado para as coletas espectrais. A- Detalhe do equipamento; B- Equipamento com porta aberta; C- Célula de armazenamento de amostras para leitura espectral	59
Figura 2. Dendrograma de espécies de <i>Capsicum</i> , pelo método de agrupamento por ligação média dentro do grupo.	63
Figura 1. Semeio em bandejas de poliestireno de 128 células utilizadas para germinação das sementes (A). Plântulas nas bandejas prontas para repicagem (B).77	77
Figura 3. Vasos de 14 litros para germinação das sementes (A). Mudanças após repicagem para vasos de polipropileno de 14 litros (B).....	77
Figura 4. Procedimento de polinização das flores de <i>Capsicum annum</i> e frutos vingados: Botão floral antes da emasculação (A), emasculação (B), polinização (C)79	79
Figura 5. Fases de acompanhamento: A) Proteção do botão após a polinização; B) Flor identificada com a data da polinização; C) Fruto verde resultante da fecundação cruzada.	79
Figura 6. (A e B) Coleta e armazenamento de frutos; C) retirada de sementes de frutos.	80
Figura 8. Identificação de subamostras com fita colorida (A) e proteção de botão das subamostras (B).	93
Figura 9. Tratamento de sementes com o fungicida CERCOBIN (A) e disposição das sementes em gerbox para germinação (B).	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Matriz de distância genética entre as quatro espécies de <i>Capsicum ssp.</i>	62
Tabela 1 - Características dos morfotipos de pimenteiras em 30 subamostras de <i>Capsicum chinense</i> da Coleção de <i>Capsicum spp.</i> do Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Amazonas. Manaus – AM, 2014.	76
Tabela 3. Quadrados médios (QM) da análise do experimento e parâmetros genéticos para o caractere de Vingamento de frutos (VF) de subamostras de híbridos de <i>Capsicum annuum</i> X <i>Capsicum chinense</i> . Manaus, Universidade Federal do Amazonas, 2014	81
Tabela 4. Porcentagem média de vingamento de frutos obtida a partir de 30 cruzamentos entre <i>Capsicum annuum</i> e <i>Capsicum chinense</i> . Universidade Federal do Amazonas, 2014	83
Tabela 5. Parâmetros genéticos para os caracteres de Porcentagem de Germinação (PG) aos 07 e aos 14 dias, Índice de Velocidade de Emergência (IVE), Tempo Médio de Germinação (TMG) e Peso de Sementes (PS) de subamostras de <i>Capsicum chinense</i> do experimento um (1) com semeio em 22/05/2012. Manaus, Universidade Federal do Amazonas, 2014.	101
Tabela 6. Parâmetros genéticos para os caracteres de Porcentagem de Germinação (PG) aos 07 e aos 14 dias, Índice de Velocidade de Emergência (IVE), Tempo Médio de Germinação (TMG) e Peso de Sementes (PS) de subamostras de <i>Capsicum chinense</i> do experimento dois (2) com semeio em 19/02/2013. Manaus, Universidade Federal do Amazonas, 2014.....	102
Tabela 7. Parâmetros genéticos para os caracteres de Porcentagem de Germinação (PG) aos 07 e aos 14 dias, Índice de Velocidade de Emergência (IVE), Tempo Médio de Germinação (TMG) e Peso de Sementes (PS) de subamostras de <i>Capsicum chinense</i> dos experimentos um (1) e dois (2). Manaus, Universidade Federal do Amazonas, 2014.	103
Tabela 8. Matriz de correlações fenotípicas (rF), genotípicas (rG) e ambientais (rA) entre caracteres de germinação de sementes de pimenta de 30 subamostras para os caracteres de Porcentagem de Germinação (PG) aos 07 e aos 14 dias, Índice de Velocidade de Emergência (IVE), Tempo Médio de Germinação (TMG) e Peso de	

Sementes (PS) de subamostras de *Capsicum chinense*. Manaus, Universidade Federal do Amazonas, 2014. 106

Tabela 9. Resultado do agrupamento realizado pelo teste Scott Knott nas médias para as características: Porcentagem de Germinação (PG) aos 07 e aos 14 dias, Índice de Velocidade de Emergência (IVE), Tempo Médio de Germinação (TMG) e Peso de Sementes (PS) de subamostras de *Capsicum chinense*. Manaus, Universidade Federal do Amazonas, 2014..... 109

RESUMO GERAL

A presente pesquisa teve como objetivos avaliar o potencial da espectroscopia no infravermelho próximo (NIR) para distinguir espécies do gênero *Capsicum*, avaliar a viabilidade de cruzamento entre subamostras de *Capsicum chinense* Jacq. com *Capsicum annuum* L. e analisar a variabilidade genética a partir de parâmetros genéticos para os caracteres: germinação e vigor de sementes de germoplasma de *C. chinense* Jacq.. Para o estudo da discriminação de espécies de *Capsicum* com espectroscopia no infravermelho próximo (NIR) foram analisadas 53 acessos de 4 espécies, sendo analisadas em espectrofotômetro folhas inteiras e desidratadas. Foram coletadas seis leituras espectrais por amostra. A matriz de dados utilizada na análise foi composta por 500 variáveis (bandas espectrais) para as espécies. Os resultados demonstraram as variáveis analisadas (bandas espectrais) permitiram a separação de quatro grupos a partir de suas assinaturas espectrais e as distâncias estimadas permitiram identificar a espécie *C. chinense* Jacq. como a mais divergente demonstrando que foi possível distinguir espécies dos gêneros *Capsicum* utilizando a técnica de Espectroscopia Foliar no Infravermelho Próximo. Para o estudo de hibridação interespecífica foram cruzados trinta subamostras de *C. chinense* Jacq., usados como genitores masculinos e uma variedade comercial Casca dura Ikeda (*C. annuum* L.), genitor feminino. Os resultados demonstraram que foi possível a obtenção de frutos e sementes viáveis no cruzamento interespecífico, embora os resultados variem de acordo com as subamostras utilizadas. Para o estudo da estimativa de parâmetros genéticos de caracteres de germinação de sementes em *C. chinense* Jacq. foram utilizadas 30 subamostras de pimentas, em dois experimentos no laboratório de sementes na Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Amazonas/UFAM. Foram analisadas as seguintes características: porcentagem de germinação aos 07 dias, porcentagem de germinação aos 14 dias, IVG (Índice de Velocidade Germinação), tempo médio de germinação e peso de sementes. Os resultados demonstraram que as subamostras apresentaram alta variabilidade genética para características da germinação de sementes sendo possível estimar a variabilidade dos genótipos de *C. chinense* Jacq. através do vigor e germinação e dependendo do morfotipo, pode-se selecionar indivíduos superiores através das características de germinação de sementes.

Palavras-chave: Infravermelho próximo, cruzamento interespecífico, variabilidade.

ABSTRACT

This research aimed to evaluate the potential of near infrared spectroscopy (NIR) to distinguish species of the genus *Capsicum*, evaluate the availability of cross between subsamples of *Capsicum chinense* Jacq. with *Capsicum annuum* L. and analyze the genetic variability from genetic parameters for the characters: germination and vigor of seed germplasm of *C. chinense* Jacq.. To study the discrimination of *Capsicum* species with near infrared spectroscopy (NIR) analyzing 53 hits 4 species, and analyzed by spectrophotometer and whole dried leaves. Six spectral readings were collected per sample. The data matrix used in the analysis consisted of 500 variables (spectral bands) for the species. The results showed the variables (spectral bands) allowed the separation of four groups based on their spectral signatures and the estimated distances have identified the species *C. chinense* Jacq. as the most divergent demonstrating that it was possible to distinguish species of *Capsicum* genus using spectroscopy technique Leaf Near Infrared. For the study of interspecific hybridization were crossed thirty subsamples of *C. chinense* Jacq., Used as male parents and a commercial variety harsh bark Ikeda (*C. annuum* L.), female parent. The results showed that obtaining viable seeds and fruits in interspecific cross was possible, but the results vary according to use the subsamples. To study the estimation of genetic parameters of seed germination characters in *C. chinense* Jacq. 30 subsamples peppers were used in two experiments in the laboratory of seeds at the Faculty of Agricultural Sciences, Federal University of Amazonas. The following characteristics were analyzed: germination percentage at 07 days, germination percentage at 14 days, GSI (Germination Speed Index), ATG (Average Time of Germination) and SW (Seed Weight). The results showed that the subsamples showed high genetic variability for seed germination characteristics possible to estimate the variability of the genotypes of *C. chinense* Jacq. through the vigor and germination and depending on the morphotype, you can select individuals through higher seed germination characteristics.

Keywords: Near infrared, interspecific crossing, variability.

1. INTRODUÇÃO

As pimentas e os pimentões (*Capsicum* spp.) pertencem à família Solanaceae, que de maneira geral apresentam-se como plantas arbustivas e produzem frutos doces ou pungentes (PICKERSGILL, 1971). O gênero *Capsicum* possui cinco táxons domesticados, dez semidomesticados e 20 silvestres (PICKERSGILL, 1971; MCLEOD et al., 1982; ANDREWS, 1984). Compõem uma importante parte do mercado de hortaliças frescas do Brasil, e também do forte segmento de condimentos, temperos e conservas a nível mundial (COSTA et al., 2009).

O cultivo de pimentas possui grande importância socioeconômica no Brasil, sendo realizado por pequenos, médios e grandes produtores. As agroindústrias do ramo das pimentas possuem grandes áreas de cultivo (próprias ou em parcerias) empregando significativo número de pessoas, principalmente na época da colheita. O mercado é bastante diversificado, indo desde o consumo de pimentas na forma *in natura* e conservas caseiras até a exportação do produto industrializado (HENZ, 2004).

As espécies botânicas do gênero *Capsicum* são originárias de regiões tropicais da América Latina (PICKERSGILL, 1969). A Amazônia apresenta-se como importante centro de origem e diversidade para o gênero. Resultados preliminares de pré-melhoramento em *Capsicum chinense* Jacq. têm mostrado que este germoplasma é fonte de genes de importância agrônômica como cor de fruto, produtividade, resistência a pragas e doenças (FONSECA et al., 2008).

O processo de domesticação aumenta as barreiras genéticas reprodutivas restringindo o livre fluxo de genes. No entanto, um fluxo gênico pode ser mantido entre as espécies de *Capsicum* domesticadas e seus parentes silvestres (NASS et al., 2001). Assim, o estudo da distinção das espécies do gênero a partir de técnicas novas, a avaliação da viabilidade dos cruzamentos entre variedades de *C. chinense* e o pimentão cultivado (*C. annuum* L) e a análise da variabilidade a partir de parâmetros genéticos, constituem-se em algumas das etapas da fase de pré-melhoramento para a introgressão de genes de interesse agrônomico de pimentas domesticadas para a cultura do pimentão.

A distinção entre as espécies existentes assim como a viabilidade entre cruzamentos e análise genética de morfótipos deverão dar subsídios para que possam ser futuramente descobertas novas espécies e que sejam desenvolvidas novas variedades de pimentão com a transferência de características de interesse agrônomico entre as espécies relacionadas, além de verificar a presença em bancos de germoplasma matérias com características pouco exploradas pelo melhoramento.

Costa et al. (2008), testaram a cruzabilidade de vinte subamostras da coleção da FCA e no presente trabalho será testado a cruzabilidade de trinta outras subamostras que possuem genes para coloração e formato do fruto, produtividade, diferentes níveis de pungência e resistência a estresse hídrico. Para que a coleção de *Capsicum* spp. da FCA/UFAM seja efetivamente explorada em programas de melhoramento é necessário que este germoplasma seja adequadamente caracterizado e avaliado.

Outra forma de avaliar as subamostras da coleção da FCA pode ser o da avaliação de parâmetros genéticos da germinação de suas sementes. Em diferentes espécies, o tamanho da semente, geralmente é indicativo da qualidade fisiológica, sendo que, na maioria das vezes, sementes maiores e/ou com embriões mais desenvolvidos, apresentam maior germinação e vigor quando comparadas com sementes menores do mesmo lote.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O Gênero *Capsicum* spp.

Capsicum é um gênero de grande importância econômica da família das Solanaceae, cujo número de espécies descrito varia entre autores, cerca de 31 já foram identificadas (MOSCONE et al., 2007). Antes mesmo da chegada dos europeus nas Américas, as pimenteiras já se encontravam domesticadas, sendo nativas de regiões tropicais e temperadas das Américas. Cinco dos seus integrantes (*C. annuum* L., *C. frutescens* L., *C. chinense* Jacq., *C. baccatum* L. e *C. pubescens* R. e P.) foram domesticados pelos índios americanos e explorados em escala global depois de Colombo, devido a seus frutos valiosos e pungentes usados como especiarias ('pimentões' e 'pimentas'). Além disso, o gênero tem utilizações medicinais e ornamentais (HUNZIKER, 1979; 2001; PICKERSGILL, 1991; ESHBAUGH, 1993; HEISER, 1995; REIFSCHNEIDER et al., 1998). As demais espécies são semidomesticadas e silvestres.

Das espécies já domesticadas, apenas a espécie *C. pubescens* não é cultivada no Brasil e outras três espécies consideradas silvestres se destacam: *C. buforum*, *C. praetermissum* e *C. Schottianum* (CASALI e COUTO, 1984). As espécies de *Capsicum* são consideradas importantes elementos do mercado de hortaliças frescas no Brasil, além de ser a base para o desenvolvimento de condimentos, temperos e conservas em nível caseiro e industrial (LIMA et al., 2001).

As pimentas foram, provavelmente, os primeiros temperos utilizados pelos índios americanos para conferir cor, aroma e sabor aos alimentos. Além de tornar as carnes e os cereais mais atraentes ao paladar, as pimentas auxiliavam na

conservação dos alimentos por apresentarem função fungicida e bactericida (REIFSCHNEIDER, 2000).

Capsicum annuum L. é a espécie mais cultivada e no gênero, possuindo as formas botânicas *Capsicum annuum var annuum* (pimentão e pimentas) e *Capsicum annuum var glabriusculum* (pimenta ornamental), sendo representada por pimentões e algumas pimentas. Outras espécies menos difundidas como *C. chinense*, *C. frutescens*, *C. baccatum* e *C. pubescens* destacam-se por serem fontes de resistência a pragas e doenças (REIFSCHNEIDER et al., 1998).

O gênero *Capsicum* pode ser associado à medicina tradicional humana, no combate de enfermidades (antinflamatório, cicatrizantes, etc.), entretanto é mais fortemente relacionado a produção de condimentos. Isto se deve a presença de alcalóides, os capsaicinóides (derivado vanil amídico do ácido isodecilânico), contidos na placenta dos seus frutos, responsável pelo seu ardor pungente, além disso, as pimentas desse gênero também são uma excelente fonte de β -caroteno, vitaminas A e C (BARBOSA et al., 2002).

As espécies domesticadas do gênero *Capsicum* são, preferencialmente, autógamas com uma taxa de alogamia que pode variar de 3 a 46%, dependendo da morfologia floral, da cultivar e da presença e número de insetos polinizadores (SACCARDO, 1992). Diaz Rodrigues (1990) lhe atribui distintas formas de fecundação, podendo ser autógama, alógama ou parcialmente alógama. Pickersgill (1997) e Costa et al. (2008) encontraram cerca de 2 a 90% e 26,7% a 66,8%, respectivamente, de taxa de cruzamento natural no gênero *Capsicum*. Taxas de cruzamento de até 68% foram encontradas por Murhy e Murhy (1962). Este elevado

grau de polinizações cruzadas pode ser explicado devido à presença de insetos polinizadores (BREESE, 1989).

Nas espécies domesticadas, o estigma se encontra no mesmo nível das anteras aumentando a possibilidade de autopolinização, enquanto que nas espécies selvagens o estigma está acima das anteras facilitando a fecundação cruzada (CASALI e COUTO, 1984). A auto-incompatibilidade observada neste gênero está restrita apenas a algumas espécies ou exemplares centralizados na Bolívia e áreas adjacentes e é do tipo gametofítica (PICKERSGILL, 1991).

No gênero existem espécies anuais, bienais e perenes. A forma de crescimento predominante são os arbustos perenes, embora várias espécies manifestem o crescimento herbáceo bienal como *C. annum*, *C. chinense* e *C. frutescens*, sendo *C. parvifolium* uma das poucas espécies que se desenvolvem em árvores (MARTINS, 2010). O sistema radicular é pivotante, com um número elevado de ramificações laterais, podendo atingir profundidades de 70-120 cm. As folhas apresentam tamanho, coloração, formato e pilosidade variáveis. A coloração é tipicamente verde, mas existem folhas violetas e variegadas; quanto ao formato, pode variar de ovalado, lanceolado a deltoide. As hastes podem apresentar antocianina ao longo de seu comprimento e/ou nós, bem como presença ou ausência de pêlos. O sistema de ramificação de *Capsicum* segue um único modelo de dicotomia e, inicia-se quando a plântula atinge de 15 a 20 cm de altura (CARVALHO e BIANCHETTI, 2005).

As plantas de *C. annum* são de fácil cultivo, vigorosas e de ótima produtividade, cujos frutos são de formato alongado e uniforme, sabor doce e

coloração verde-intensa, vermelhos, amarelos e brilhantes na fase de colheita. A colheita pode iniciar-se aos 120 dias após a sementeira. Apresenta flores solitárias, corola branca e sem manchas difusas na base da pétala. *C. annuum* é a espécie mais cultivada e de maior variabilidade dentre as espécies domesticadas do gênero *Capsicum*, sendo representada por pimentões e pimenta (REIFSCHNEIDER et al., 1998).

Capsicum chinense Jacq. é a mais brasileira das espécies domesticadas predominando no Nordeste, Norte e Centro-oeste do Brasil, caracteriza-se pelo aroma acentuado dos seus frutos. Há tipos varietais desta espécie com frutos extremamente picantes, como a pimenta “Habanero”, muito popular no México. No Brasil as mais conhecidas são as pimentas de cheiro, Bode, Cumari do Pará, Murici, Murupi, entre outras. Há também dentro da espécie, uma expressiva variabilidade de formatos e cores de frutos. A pimenta-de-cheiro que predomina na região Norte do país pode ser considerada um grupo em razão da expressiva e bela variabilidade no formato e cor dos frutos (RIBEIRO e CRUZ, 2003).

Os frutos de *C. chinense* são geralmente pendentes, persistentes, com polpa firme; e são encontrados em tom amarelo leitoso, amarelo-claro, amarelo-forte, alaranjado, salmão, vermelho e até preto. As flores se apresentam em número de duas a cinco por nó (raramente solitárias). Na antese, os pedicelos são geralmente inclinados ou pendentes, porém, podem se apresentar eretos. A corola é branca esverdeada sem manchas (raramente branca ou com manchas púrpuras) e com lóbulos planos (que não se dobram). As anteras são geralmente azuis, roxas ou violetas. Os cálices dos frutos maduros são pouco dentados e, tipicamente,

apresentam uma constrição anelar na junção com o pedicelo. As sementes são cor de palha (SILVA e SOUZA, 2005).

No geral, as espécies de *Capsicum* podem ser diferenciadas e classificadas com base em diversos critérios como: o grau de domesticação, coloração das flores, capacidade de hibridação e conteúdo do DNA (BELLETTI et al., 1998).

2.2 Origem e evolução

Rufino e Penteado (2006) alegaram que os registros mais antigos do consumo de pimentas (*Capsicum* spp.) datam de aproximadamente 9000 a.C., resultado de explorações arqueológicas em Tehuacan, México, tendo sido cultivada pelos nativos indígenas como medicamento. Outros sítios arqueológicos pré-históricos (2.500 a.C.) são conhecidos no Peru, nas localidades de Ancon e Huaca Prieta.

Evidências arqueológicas encontradas no México e Peru indicam a utilização de espécies deste gênero pelas civilizações antigas são de 5.000 a 7.000 anos a.C. Estas espécies foram levadas para o Velho Mundo pelos primeiros exploradores, sendo introduzidas na Espanha por Cristovão Colombo, em 1493 (ANDREWS, 1984).

Casali e Couto (1984) comentaram que os navegantes e exploradores portugueses e espanhóis procuravam na América tropical a pimenta-do-reino (*Piper nigrum*) e encontraram as pimentas do gênero *Capsicum*, mais ardidas que aquelas. Na Índia, em 1542, de acordo com especialistas, já eram cultivadas pimentas do gênero *Capsicum* que foram levadas da América do Sul.

Ampla distribuição do gênero *Capsicum* ocorreu da Região Mediterrânea para a Inglaterra em 1548 e para a Europa Central, onde tiveram uma aceitação imediata.

Em 1585, os portugueses levaram variedades de *Capsicum* do Brasil para as Índias, onde foram prontamente adotadas, sendo o cultivo dessas espécies registrado, posteriormente na China, no ano de 1.700. Após sua introdução na Europa, o gênero foi disperso por várias partes do mundo, incluindo a América do Norte (ANDREWS, 1984).

As espécies botânicas do gênero *Capsicum* têm como centro de origem às regiões tropicais da América Latina (PICKERSGILL, 1969; REIFSCHNEIDER, 2000). Onde o Brasil possui uma diversidade pouco explorada das espécies nativas encontradas principalmente em áreas da Mata Atlântica e da Amazônia. Há Coleções de Germoplasma de pimentas do gênero *Capsicum* existentes no país, porém, necessitam de enriquecimento, caracterização e organização dos dados para aumentar o seu uso em programas de melhoramento.

O melhoramento de espécies de *Capsicum* começou desde sua domesticação por indígenas das Américas e a diversificação desse grupo aumentou pela introdução de raças crioulas e de seleção natural praticada pelas comunidades. Deste modo, o gênero *Capsicum* vem sofrendo intensa degradação pela pressão antrópica no decorrer das últimas décadas.

Várias mudanças ocorreram nas espécies de *Capsicum* em função da domesticação. Pimentas e pimentões selvagens apresentam frutos pequenos, eretos, vermelhos, pungentes e decíduos. Suas sementes são dispersas por pássaros que são atraídos pela cor dos frutos expostos. Sob cultivo, uma das primeiras mudanças ocorridas foi à perda do mecanismo de dispersão, uma vez que o homem plantou as sementes, as selecionou (consciente ou inconscientemente) para frutos não decíduos, o que permitiu os frutos permanecerem nas plantas até

serem colhidos. Além disso, o caráter fruto decíduo é dominante e de fácil eliminação por seleção. A posição do fruto mudou de ereto para pendente, talvez como consequência do aumento no tamanho e peso dos frutos nas formas cultivadas, ou para proteger as plantas contra danos por pássaros, uma vez que frutos pendentes se escondem mais facilmente na folhagem (PICKERSGILL, 1969, 1971).

O tamanho, a forma e a cor dos frutos variam bastante sob seleção humana levando a generalização de que a variabilidade é maior na parte da planta que é economicamente importante. Frutos vermelhos, laranja, amarelo e marrom se desenvolveram independentemente em todas as formas cultivadas, assim como variadas formas. Outro efeito da domesticação foi o aumento da autopolinização (PICKERSGILL, 1971).

A espécie *C. chinense* originalmente encontrada na bacia do rio Amazonas, é comercialmente distribuída por todo o Sul e Norte do Brasil, devido a sua adaptabilidade a diferentes solos e climas, e seu popular aroma cítrico. Os frutos desta espécie apresentam uma enorme variabilidade em tamanho, forma e cor, com diferentes intensidades indo desde o amarelo até o vermelho, quando maduros (REIFSCHNEIDER, 2000; LANNES et al., 2007). Resultados preliminares de pré-melhoramento em *C. chinense* têm mostrado que este germoplasma é fonte de genes de importância agrônômica como cor de fruto, produtividade, resistência a pragas e doenças (FONSECA et al., 2008). Um dos problemas relacionados a este germoplasma está a germinação e vigor de sementes que apresentam desuniformidade em dias e em número de sementes germinadas. Em diferentes espécies, o tamanho da semente, geralmente é indicativo da qualidade.

2.3. Importância econômica

O mercado de pimentas é muito segmentado e diverso em razão da grande variedade de produtos e subprodutos, usos e formas de consumo, sendo o mercado mais comum o das pimentas *in natura*, em pequenas quantidades, no atacado e varejo. Em todos os estados brasileiros também se destacam o mercado para as pimentas processadas e industrializadas como as conservas, os molhos e pimentas desidratadas (HENZ E RIBEIRO, 2008).

As pimentas são de grande importância agrícola, sendo utilizadas como defensivos para certas culturas e também como constituintes de saladas e tempero. 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.

Rufino e Penteado (2006), comentaram que o mercado para pimentas apresenta um futuro promissor com grandes perspectivas e potencialidades pela versatilidade de suas aplicações culinárias, industriais, medicinais e ornamentais. O desempenho produtivo e a rentabilidade da cultura dependem de uma série de fatores, tais como: condições climáticas, fertilidade natural do solo, material genético, qualidade da semente, técnicas de irrigação e manejo da cultura (VILELA e JUNQUEIRA, 2006). O cultivo de pimentas ainda é realizado principalmente por pequenos produtores, que produzem suas próprias sementes ou compram frutos maduros em mercados e feiras e deles extraem as sementes que serão usadas no plantio (REIFSCHNEIDER, 2000).

A pimenta está entre as culturas mais importantes no mundo, por ter um grande valor agregado, entre outros, como condimento; deste modo, é importante a conservação dos recursos genéticos vegetais da cultura, devido à tendência de uniformidade genética gerada pela domesticação (seleção), diminuindo drasticamente a variabilidade genética (BIANCHETTI 1996).

As culturas de pimenta e pimentão são hoje parte fundamental do agronegócio brasileiro, ocupando cerca de 12.000 ha e com produção de mais de 280.000 toneladas de frutos por ano (BUSO et al., 2001). De acordo com Henz (2004), a produção estimada de pimenta *Capsicum* no Brasil situa-se em torno de 40 mil toneladas, produzidas anualmente em cerca de 2.000 ha, espalhados por quase todas as regiões do País.

O cultivo da pimenta no Brasil é praticado em grande parte por agricultores de base familiar, que exploram pequenas áreas, até 2 ha, com o uso intensivo de mão-de-obra. Este sistema tem alcançado até 30 toneladas por hectare, com aceitável retorno econômico.

Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), o segmento da produção de pimentas do gênero *Capsicum* tem registrado altos crescimentos em todo o mundo, especialmente na Ásia. Em função do aumento do consumo dos temperos, de 1994 até 1998 a produção mundial de pimenta para esta finalidade aumentou em 21%. São cultivados em regiões tropicais e temperadas, dentre os maiores produtores mundiais destacam-se: a China, o México, a Turquia (25% de toda produção da costa do mediterrâneo) e os Estados Unidos seguido de Nigéria, México e Indonésia (FAO, 2010).

Os tailandeses e coreanos são considerados os maiores consumidores de pimenta do mundo; o consumo atinge até oito gramas por dia por pessoa. No Brasil, não há dados sobre o consumo, mas o cultivo é feito em praticamente todas as regiões, com destaque para Bahia, Ceará, Minas Gerais, Goiás, São Paulo e Rio Grande do Sul (EMBRAPA, 2003).

Segundo Reifschneider (2000), a China é um importante país produtor de pimentas. No ano 2000, cultivou 700.000 ha do gênero *Capsicum*. Na safra 2003, a China e a Índia juntas cultivaram mais de 1 milhão de hectares de pimenta do gênero *Capsicum* (RIBEIRO et al., 2004). Outros países também se destacam na produção, como: Tailândia, Coreia do Sul, Índia, Japão, México, Estados Unidos, Brasil, Argentina, Espanha, Romênia, Bulgária, Hungria, Grécia, Ucrânia, Turquia, a antiga Iugoslávia, Gana, Nigéria, Egito, Tunísia e Argélia. (HENZ, 2004).

No Brasil, praticamente todos os Estados produzem esta Solanaceae, porém a maior produção está concentrada nos Estados de São Paulo e Minas Gerais, que são responsáveis pelo plantio de 5.000 ha e produção de 120.000 toneladas. Somente o mercado de sementes movimenta US\$ 1,5 milhão (RIBEIRO e CRUZ, 2003).

A crescente demanda do mercado, tem impulsionado o aumento da área cultivada e o estabelecimento de agroindústrias, tornando o agronegócio de pimentas (doces e picantes) e pimentões um dos mais importantes do país, estimado em R\$ 80 milhões/ano (RIBEIRO et al., 2004).

Pode-se dizer, sem exagero, que as perspectivas e as potencialidades do mercado de pimentas são praticamente ilimitadas pela versatilidade de suas

aplicações culinárias, industriais e ornamentais (HENZ, 2004). O mercado brasileiro de pimentas do gênero *Capsicum* é marcado pela informalidade e, conseqüentemente, a carência de estatísticas regulares sobre os tipos ou cultivares mais comercializados e as principais regiões produtoras (LUZ et al., 2006).

O mercado para as pimentas pode ser dividido de acordo com o objetivo da produção (consumo interno ou exportação) e a forma de apresentação do produto (*in natura* ou processado). Praticamente toda a produção destinada a exportação é na forma processada, enquanto para o mercado interno tanto as formas processadas como *in natura* (pimentas sem processamento) são importantes. Para as pimentas nas formas processadas o mercado é muito diferente das comercializadas *in natura* devido a variedade de produtos e subprodutos que utilizam pimentas como matéria-prima. O mercado de pimentas processadas é explorado por todos os tipos de empresas, desde familiares e de pequeno porte até grandes empresas processadoras especializadas em derivados de *Capsicum* para exportação (HENZ, 2004).

O mercado para as pimentas no Brasil sempre foi considerado como secundário em relação as outras hortaliças, provavelmente devido ao baixo consumo e ao pequeno volume comercializado. Este cenário está se modificando rapidamente pela exploração de novos tipos de pimentas e o desenvolvimento de novos produtos, com grande valor agregado, como conservas, ornamentais, geleias especiais e outras formas processadas (HENZ, 2004)..

As pimentas brasileiras quando destinadas ao mercado interno são aceitas tanto na forma *in natura* quanto processadas. Já o mercado externo é extremamente

exigente quanto a qualidade do produto. Para atender a esta demanda, é essencial a escolha da cultivar adequada, com polpa grossa, alto teor de pigmentos, elevado rendimento industrial e que produza um pó com grande estabilidade (LOPES e AVILA, 2003). As exportações são realizadas com o produto na forma processada comercializado para o mercado europeu. (HENZ, 2004).

Além do uso na alimentação, medicina natural e confecção de cosméticos, a pimenta aparece como elemento importante na confecção do spray de pimenta utilizado pela polícia no mundo inteiro nas dispersões de pessoas em ocasiões de tumultos. Devido à presença do alcaloide capsaicina, que é responsável pela pungência das pimentas, esta é a única substância que, usada externamente no corpo, gera endorfinas internamente promovendo após a ardência inicial uma sensação de bem-estar, e acionando a defesa imunológica. Embora tenha baixo valor nutritivo, pode-se destacar o teor vitamínico das pimentas malaguetas verde e vermelha que apresentam valores de 10.500 e 11.000 UI de vitamina A, respectivamente, próximo ao teor de 13.000 UI encontrado na cenoura, considerada uma das melhores fontes desta vitamina.

Os teores de vitamina C total variam entre as espécies de pimenta, de 160 a 245mg/100g, valores estes comparáveis ao da goiaba (200mg/100g) e superiores ao da laranja (60mg/100g). Quanto à composição mineral, os teores de cálcio, ferro e fósforo são bem inferiores aos de outras hortaliças.

2.4 Espectroscopia na região do infravermelho próximo para uso na descrição de espécies

A radiação por infravermelho foi descoberta em 1800, pelo astrônomo William Herschel, ao estudar o efeito do aquecimento do espectro solar. O espectro infravermelho é dividido em três: próximo, médio e distante e o seu uso se baseia nas curvas espectrais das amostras analisadas. O infravermelho distante, aproximadamente $10\text{-}400\text{ cm}^{-1}$ ($1000\text{ - }30\text{ }\mu\text{m}$) na região das micro-ondas, possui baixa energia e pode ser utilizado na espectroscopia rotatória (relacionada com a rotação das moléculas). O infravermelho médio, aproximadamente $400\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$ ($30\text{ - }1.4\text{ }\mu\text{m}$) e o infravermelho próximo aproximadamente $4000\text{-}14000\text{ cm}^{-1}$ ($1.4\text{ - }0.8\text{ }\mu\text{m}$) podem ser utilizados para estudar as vibrações moleculares e a estrutura rotatório-vibratória associada (SANTOS et al., 2010). Estas regiões de espectro tem sido aplicadas frequentemente como um método analítico que fornece resultados rápidos e satisfatórios, possibilitando a realização de análises não destrutivas, a obtenção de imensos conjuntos de dados e a aplicação de técnicas de Quimiometria.

O conjunto de radiações eletromagnéticas compreendidas entre $390\text{ e }700\text{ nm}$ é denominado radiação visível (luz). As radiações contidas nessa faixa de comprimento de onda, ao incidirem no sistema visual humano, são capazes de provocar uma sensação de cor no cérebro. Ao conjunto de radiações eletromagnéticas cujos comprimentos de onda variam de $700\text{ a }10.000\text{ nm}$ chamamos radiação infravermelha (IV). Situam-se no espectro eletromagnético entre a luz vermelha e as micro-ondas; às vezes, recebem a denominação de radiação térmica. Essa radiação é dividida em três faixas espectrais: IV próximo ($700\text{ a }1.100$

ηm), IV médio (1.100 a 3.000 ηm) e IV distante (3.000 a 10.000 ηm) (MOREIRA, 2007).

O Infravermelho próximo NIR, do inglês “Near Infrared” é o nome dado à região do espectro eletromagnético imediatamente superior à região visível em termos de comprimento de onda, isto é, trata-se da região do infravermelho “mais próxima” da região visível (LIMA e BAKKER, 2011). É um tipo de espectroscopia vibracional que emprega fótons no intervalo de $2,65 \times 10^{-19}$ a $7,96 \times 10^{-20}$ J, que corresponde à faixa de comprimento de onda de 780 a 2.500 nm. Esta faixa de energia é suficiente para promover transições das moléculas de seu estado vibracional fundamental para outros estados excitados (PASQUINI, 2003; HOLLER et al., 2009).

O espectro na região do infravermelho próximo se origina devido à transformação da energia da radiação absorvida em energia vibracional das moléculas (SILVERSTEIN et al., 2005). Em algumas moléculas, os elétrons sofrem efeitos de átomos ou grupos vizinhos, influenciando o estiramento, o comprimento da ligação, o ângulo de ligação e, portanto, a frequência de vibração das ligações químicas. As diferenças específicas geradas por estas interações possibilitam que cada substância tenha um espectro característico (LIRA et al., 2010).

O emprego da espectroscopia na região NIR permite a obtenção de informações qualitativas e ou quantitativas sobre a matéria em estudo através da interação da radiação eletromagnética (PASQUINI, 2003). A espectroscopia NIR é mais utilizada na determinação de análise quantitativa de rotina, como água, proteína, hidrocarbonetos de baixa massa molar em produtos da indústria

alimentícia, agrícola, petrolífera e química (HOLLER et al., 2009). Os programas de melhoramento para plantios de espécies de interesse agrícolas sofrem com o problema do tempo despendido na sua caracterização. A determinação das propriedades químicas, físicas e anatômicas consomem vários dias de preparo até a análise. Com a técnica por reflectância difusa de infravermelho próximo emprega-se menos tempo, não utiliza qualquer substância química e há quase total independência de erros de operador. A região do infravermelho próximo consiste na faixa espectral onde as ligações C-H, O-H e N-H possuem comprimentos de onda de absorção característicos (AMORIM, 1996; SKOOG et al., 2002).

A Quimiometria consiste na utilização de métodos estatísticos e álgebra de matrizes para interpretação e derivação de modelos a partir de medidas obtidas em análises químicas, com o intuito de mensurar propriedades de substâncias. Além disso, a instrumentação é relativamente simples, os sistemas ópticos podem ser facilmente adquiridos e quase todos os compostos orgânicos absorvem nesta região (SIESLER, 1991).

Estas absorções não são muito fortes, e muitas vezes são sobrepostas, havendo assim a necessidade da aplicação de métodos de calibração multivariável para as determinações quantitativas. Segundo Borin (2003) e Harris (2005), dentre esses métodos, os mais utilizados são a Análise de Componentes Principais (PCA, do inglês “Principal Component Analysis”) e o método dos Mínimos Quadrados Parciais (PLS, do inglês “Partial Least Squares”).

Naumann (2000) afirmou que os espectros formados a partir da emissão do feixe de infravermelho na amostra são originados da interação entre a luz e a

vibração e rotação das moléculas excitadas pela luz. No entanto, é difícil detectar os movimentos rotacionais das moléculas, assim a espectroscopia no infravermelho somente trabalha com vibrações moleculares dos átomos (WILSON et al., 1980).

Tais moléculas apresentam diferentes movimentos de vibrações e cada um deles absorve ou emite uma quantidade de energia diferente que é detectada pelo espectrômetro no infravermelho. Porém, para ocorrer à absorção ou emissão de infravermelho pela molécula é necessário que ela esteja no seu momento dipolo (ABRAMS, 1993). O momento dipolo ocorre em moléculas polares, onde a interação do átomo com carga negativa interage com o átomo de carga positiva criando uma atração contínua (MISTRY, 2009). Para o caso da molécula de H^2 , não existe momento dipolo e por isso ele não absorve infravermelho e conseqüentemente não é detectado no espectro.

Cada movimento absorve em uma determinada região do espectro, assim uma mesma molécula dependendo do seu tamanho e diferentes movimentos vibracionais, pode apresentar várias bandas no espectro. Essa individualidade de cada molécula absorver diferentes níveis de energia em diferentes números de onda gera uma impressão digital de cada molécula no espectro, permitindo a diferenciação dos materiais analisados (SANTOS et al., 2010).

Para Santos et al. (2010), o sistema de análises por infravermelho próximo - NIR, pode vir a substituir grande parte das metodologias convencionais de análises em laboratórios de solos, garantindo a qualidade e as especificidades necessárias para cada análise. Sua vantagem em relação aos métodos tradicionais está na análise múltipla dos constituintes, menor necessidade de mão-de-obra, rapidez e,

portanto, menor custo variável, por não ser poluente nem utilizar produtos químicos ou reagentes (AMORIM, 1996), podendo ser aplicado também para plantas.

2.5. Melhoramento de *Capsicum* spp.

Os recursos genéticos envolvem a variabilidade de espécies de plantas, animais e microorganismos integrantes da biodiversidade, de interesse socioeconômico atual ou potencial para utilização em programas de melhoramento genético, biotecnologia e áreas afins (NASS et al., 2001). Apresentam um valor inestimável sendo considerado como reservatório genético.

De acordo com Pickersgill (1997), os recursos genéticos de *Capsicum* spp. são pouco explorados mediante a ampla diversidade disponível nas espécies domesticadas. O conhecimento e a organização do germoplasma existente são fundamentais para que haja maior uso dos genótipos disponíveis e, por conseguinte, contínuo desenvolvimento de cultivares mais produtivas, de maior qualidade e resistentes a doenças.

Os programas nacionais de melhoramento de pimentas *Capsicum* spp. são escassos, destes, destaca-se o desenvolvimento de cultivares de pimenta doce para páprica e pimenta picante dos tipos “Jalapeño” e “Cayenne” para molhos líquidos, coordenado pela Embrapa Hortaliças em parceria com empresas do setor privado (Fuchs Agro Brasil Ltda. e Sakura-Nakaya Alimentos Ltda.) (RIBEIRO e CRUZ, 2003).

Para o desenvolvimento de novas cultivares faz-se necessário explorar a variabilidade genética disponível, evitando que sejam uniformemente suscetíveis a fatores bióticos e abióticos. Nos plantios modernos, com grandes áreas ocupadas pela mesma cultura, podem ocorrer perdas na colheita devido ao ataque de pragas e doenças, cujas consequências negativas são agravadas pela base genética estreita resultante de cruzamentos entre indivíduos aparentados (CLAUSEN, 1997).

Se por um lado, a exploração de espécies silvestres e semidomesticadas podem resultar na incorporação de genes de importância agrônômica (resistência a pragas e doenças), por outro, pode resultar na incorporação de características indesejáveis (baixa produtividade, baixa fertilidade, problemas na germinação, frutos decíduos etc), inibindo a exploração dessas espécies por parte dos melhoristas.

Para fazer com que parentes silvestres sejam mais acessíveis e fáceis de serem usados, devem ser desenvolvidos programas de valorização de germoplasma, por meio dos quais os parentes silvestres e as populações locais são pré-cruzadas. O principal objetivo é a remoção de algumas das características indesejáveis antes de iniciar o cruzamento com outras variedades. Complementado pelo retrocruzamento com genótipos melhorados, o pré-cruzamento transfere genes úteis dos parentes silvestres para um genoma intermediário, com acesso mais fácil pelos melhoristas (HOYT, 1992).

É cada vez maior o interesse do setor público no desenvolvimento de populações e linhagens que podem se constituir em material básico a ser utilizado pelos setores privado e público (EMBRAPA HORTALIÇAS, 2006).

A Embrapa, após um esforço coletivo multistitucional, obteve avanços significativos para o futuro do melhoramento genético de *Capsicum*. Foram realizadas coletas de genótipos silvestres de *Capsicum* com risco de extinção em regiões em processo de desmatamento, enriquecimento da coleção de germoplasma da Embrapa através de introduções e intercâmbio de genótipos e avaliação para resistência a pragas e doenças. Concentrou-se principalmente na resistência múltipla a doenças e como resultado foram liberadas várias linhagens que vêm sendo utilizadas tanto no Brasil como no exterior, como a linhagem CNPH 148 resistente à murcha-de-fitóftora (REIFSCHNEIDER et al., 1986).

A linhagem CNPH 703 (redesignada PBC137 pelo Asian Vegetable Research and Development Center (AVRDC) é padrão universal de resistência estável e durável à mancha-bacteriana (POULOS et al., 1991), e também é fonte de resistência aos vírus ToMV e ao TMV. A resistência desta linhagem aos diversos patótipos de *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*, bactéria causadora da mancha bacteriana, foi comprovada pelo International Chili Pepper Nursery, promovido pelo AVRDC (AVRDC, 1997).

2.6 Hibridação interespecífica no gênero *Capsicum*

Smith e Heiser (1951), destacam-se entre os primeiros trabalhos envolvendo hibridação interespecífica no gênero *Capsicum* no qual são relacionadas a morfologia e o comportamento de híbridos interespecíficos entre as espécies de *C. annuum* e *C. frutescens*.

A hibridação interespecífica é utilizada pelos melhoristas quando características de interesse, como resistência a doenças, por exemplo, não é encontrada na espécie cultivada e está presente em espécies silvestres afins (ALLARD, 1960). Existe grande variabilidade para diferentes caracteres nas espécies silvestres do gênero *Capsicum* e embora ainda pouco avaliadas, elas podem ser utilizadas como fonte de genes de interesse para o melhoramento das espécies cultivadas, principalmente resistência a doenças. Cita-se a resistência à *Phytophthora capsici* encontrada em *C. baccatum*, *C. chinense* e *C. frutescens* (PICKERSGILL, 1980). Portanto, é importante que seja conhecida a viabilidade do cruzamento entre as espécies silvestres e cultivadas para que a hibridação interespecífica possa ser explorada nos programas de melhoramento genético.

A obtenção de híbridos ao final do programa de melhoramento no gênero *Capsicum* é uma estratégia que pode ser utilizada para proteção do material genético na produção de sementes pelo setor público e privado, possibilitando maior segurança na exploração comercial dos produtos gerados (SILVA, 2003). Desta forma, as empresas de sementes podem ter a garantia dos retornos dos investimentos realizados em seus programas de melhoramento.

A hibridação é frequentemente utilizada na exploração da variabilidade genética das espécies e requer conhecimentos básicos sobre o sistema reprodutivo para que seja aplicada tanto no cruzamento entre diferentes plantas, como nas autofecundações. É também necessário controle do procedimento para evitar contaminações e garantir a identidade dos genitores. Os procedimentos de polinização controlada variam de acordo com a espécie, para evitar a autopolinização na produção de híbridos comerciais pode-se, por exemplo, realizar

emasculação manual eliminando os estames da flor ou utilizar linhagens com macho-esterilidade.

Híbridos interespecíficos entre *C. annuum* e *C. chinense*, em ambas as direções no cruzamento são parcialmente férteis (Pickersgill, 1966; 1980), e no cruzamento entre *C. chinense* e *C. annuum*, os híbridos apresentaram maior fertilidade quando *C. annuum* foi utilizado como genitor feminino (Souza, 1987).

Ao revisar diversos aspectos sobre hibridação artificial em pimentão, Quagliotti (1979) destacou que o melhor momento para a emasculação dos estames é imediatamente antes da antese e que a polinização imediatamente depois da emasculação aumenta a produção de sementes. No entanto, Shakya e Scott (1983) observaram menor produção de semente quando a polinização foi realizada no mesmo dia da emasculação.

Antes da deiscência do pólen, o estigma já está receptivo ao pólen de outras plantas (GEORGE, 1999), ou seja, antes que o pólen da mesma flor esteja completamente maduro (MARFUTINA, 1974). Segundo Marcelis e Hofman-Eijer (1997), a receptividade do estigma ocorre um dia antes da antese até dois dias depois, totalizando quatro dias. O óvulo, por outro lado, é fertilizado e obtêm-se frutos se a polinização ocorrer durante a antese ou no dia precedente. Em pimentão, Casali e Stringheta (1984) relataram que o estigma já está receptivo na fase de botão, na véspera da antese, e a receptividade é máxima no dia da abertura da flor, decaindo após esta época.

Nas duas últimas décadas, ocorreram notáveis avanços nos programas de melhoramento do pimentão no Brasil, tanto que, nos dias atuais, a maioria das

cultivares disponíveis nos catálogos das companhias de sementes são híbridos F_1 . Trabalhos de pré-melhoramento devem valorizar os recursos genéticos e disponibilizar para os programas de melhoramentos informações e genótipos com genes de interesses, que não possuam características indesejáveis.

2.7 Variabilidade genética em germinação e vigor de sementes

Para o uso eficiente dos recursos genéticos nos programas de melhoramento de plantas, é necessário o conhecimento detalhado da extensão e distribuição da variação genética disponível nas espécies cultivadas e seus parentes silvestres (BUSO et al., 2003; RÊGO et al., 2006). O estudo da variabilidade e das relações genéticas para os caracteres relacionados à qualidade fisiológica visa dar suporte a estratégias de seleção para melhoria da qualidade fisiológica de sementes.

A variabilidade genética pode ser explorada buscando melhor qualidade e desempenho da semente via melhoramento das cultivares. Um fato que reforça essa alternativa são as significativas diferenças entre porcentagem e tempo médio de germinação entre cultivares, tanto em baixas como em altas temperaturas, sugerindo tratar-se de um caráter herdável (GERSON e HONMA, 1978).

Bennett (1959) verificou que, para aumento da porcentagem de sementes duras em *Trifolium incarnatum* L., a seleção massal foi eficiente, indicando acentuada herdabilidade do caráter. Estudos sobre o controle genético da dormência de sementes, realizados com espécies dos gêneros *Vicia* (DONNELLY et al., 1972), *Lupinus* (FORBES e WELLS, 1968; GLADSTONE, 1970), envolvendo cruzamentos intra e/ou interespecíficos, indicaram que a característica de impermeabilidade à

água apresentada pelo tegumento da semente tem controle genético qualitativo. Queiroz et al. (2000), trabalhando com *Stylosanthes scabra* demonstraram diferenças altamente significativas entre e dentro das populações, nos dois tratamentos avaliados: sementes escarificadas e não-escarificadas.

As vantagens do uso de sementes com elevado potencial fisiológico incluem germinação rápida e uniforme, obtenção de plântulas com maior tolerância a adversidades ambientais, obtenção de estandes adequados e maturidade mais uniforme da cultura, o que resultará no aumento da produtividade (BENNETT, 2001).

Demais trabalhos realizados vêm verificando a variabilidade entre progênies para germinação de sementes para diversas espécies, indicando que a variabilidade possui componentes genéticos e ambientais envolvidos que podem ser identificados pelo método (REIS e MARTINS, 1986; VEASEY e MARTINS, 1991; VEASEY et al., 2000; OLIVEIRA et al., 2003; REGO et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2013).

A diversidade genética expressa a diferença entre as frequências alélicas das populações (FALCONER, 1987). Pode também ser definida como a distância entre as populações, indivíduos ou organismos, com base em uma série de características de aspectos morfológicos, fisiológicos, bioquímicos e moleculares (AMARAL JÚNIOR e THIÉBAUT, 1999).

Os estudos da diversidade genética têm grande importância em programas de melhoramento envolvendo hibridações, pois identificam progenitores que em futuros cruzamentos possibilitem maior efeito heterótico e que proporcionem maior segregação e recombinação (CRUZ et al., 2004).

A pouca ênfase ao melhoramento visando à qualidade de sementes dada no passado e até mesmo atualmente para algumas culturas de interesse econômico, vem demonstrar as possibilidades existentes para esse tipo de pesquisa, pois os aspectos como a produtividade são classificados como mais importantes. Porém, mudanças no clima, tecnologias e oportunidades justificam e demandam um novo e completo exame das potencialidades das melhorias inerentes à qualidade das sementes. Há considerável variabilidade nas populações da maioria de nossas espécies para germinação e vigor sob uma ampla faixa de temperaturas e tensões de umidade do solo, para dormência, para alongamento e crescimento das estruturas das plântulas envolvidas na emergência.

As prioridades para as melhorias inerentes ao desempenho da semente devem incluir a seleção de genótipos que possuam sementes com alta qualidade fisiológica; Seleção visando ao aumento da tolerância das sementes à temperatura do ambiente e estresses da umidade, ampliando a sua adaptação a diferentes ambientes, preservando o seu vigor e; Seleção visando ao aumento do vigor e do potencial de armazenagem das sementes.

Variabilidade genética é a base para o melhoramento. Segundo Allard (1971), a seleção não cria variabilidade, apenas atua sobre a que já existe. Assim, é de interesse do melhorista um estudo da variabilidade genética do caráter com que se está trabalhando, para melhor manuseá-lo.

Assim sendo, o conhecimento da diversidade genética entre germoplasma pode melhorar a eficiência na identificação de combinações parentais que geram populações segregantes com máxima variabilidade genética para a seleção. Para

isso, é necessária a avaliação de um maior grupo de genótipos e suas características.

3. REFERÊNCIAS

ALLARD, R.W. **Princípios do melhoramento genético das plantas**. São Paulo: Edgard Blüchner, 1971. 381p.

ALLARD, R.W. Principles of plant breeding. John Wiley Sons Inc. New York. 1960. 485p.

AMARAL JÚNIOR, A.T.; THIÉBAUT, J.T.L. Análise multivariada na avaliação da diversidade genética em recursos genéticos vegetais. Apostila: CCTA – UENF, 1999. 55p.

AMORIM, H.V. Manual de Métodos Analíticos para o Controle da Produção de Álcool e Açúcar. 2ª Ed. Piracicaba: Editora Fermentec/Fealq/Esalq-USP, 1996. 230p.

ANDREWS, J. **Peppers: the domesticated *Capsicum***. Austin: University of Texas Press, 1984. 170p.

AVRDC. Screening for resistance to bacterial wilt. AVRDC 1996 Report. Asian Vegetable Research and Development Center, Shanhua, Tainan, Taiwan in press. 1997. 172p.

BARBOSA, R.I.; LUZ, F.J.F.; NASCIMENTO FILHO, H.R.; MADURO, C.B. Pimentas do gênero *Capsicum* cultivadas em Roraima, Amazônia Brasileira. I. Espécies domesticadas. **Acta Amazônica**, v. 32, n. 2, p. 177-192, 2002.

BELLETTI, P.; MARZACHI, C.; LANTERI, S. Flow cytometric measurement of nuclear DNA content in *Capsicum* (Solanaceae). **Plant Systematic and Evolution**. 209, p 85-91 1998.

BENNETT, M.A. Determination and standardization challenges of vigor tests of vegetable seeds. **Informativo Abrates**, Curitiba, v. 11, n. 3, p. 58-62. 2001.

BIANCHETTI, L.B., Aspectos morfológicos, ecológicos e biogeográficos de dez táxons de *Capsicum* (Solanaceae) correntes no Brasil. 1996. (Tese M.S) Universidade de Brasília, Brasília.

BORIN, A. Aplicação de Quimiometria e Espectroscopia no Infravermelho no Controle de Qualidade de Lubrificantes. 2003. 96f. Dissertação de Mestrado, UNICAMP, São Paulo, São Paulo.

BREESE, L. Multiplication and regeneration of germoplasm. In: STALKER, H.T.; CHAPMAN, C. (Ed) Scientific Management of Germoplasm. **Characterization, Evolution and Enhancement**. Rome: International Board for Plant Genetic Resources, p.17-22. 1989.

BUSO, G.S.C.; LOURENCO, R.T.; BIANCHETTI, L.B.; LINS, T.C.L.; POZZOBON, M.T.; AMARAL, Z.P.S.; FERREIRA, M.E. Espécies silvestres do gênero *Capsicum* coletadas na Mata Atlântica Brasileira e sua relação genética com espécies cultivadas de pimenta: uma primeira abordagem genética utilizando marcadores moleculares. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, (**Boletim de pesquisa e desenvolvimento**, 7). p. 22, 2001.

BUSO, G.S.C.; AMARAL, Z.P.S.; MACHAD, F.R.B.; BEM, L.B.; FERREIRA ME. Variedade Genética e Análise Filogenética de Espécies Brasileiras de Pimenta e Pimentão (*Capsicum* spp). In: Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, 2, 2003. Anais...Porto Seguro: SBMP 1 CD-ROM.

CARVALHO, S.I.C.; BIANCHETTI, L.B. Caracterização morfológica de acessos de pimenta (*Capsicum chinense* Jacquin) mantida pela Embrapa Hortaliças. In: **Simpósio Brasileiro de Recursos Genéticos de Frutas e Hortaliças**, Pelotas. Resumos e Palestras. Embrapa Clima Temperado, Documentos 135, 2005. 180-183p.

CASALI, V.W.D.; COUTO, F.A.A. Origem e botânica. **Informe Agropecuário: Pimentão e Pimenta**. v. 10, n. 113, p. 8-11, 1984.

CASALI, W.D.; STRINGHETA, P.C. Melhoramento de pimentão e pimenta para fins industriais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 10, p .23-24, 1984.

CLAUSEN, A.M. La red. Informe Especial Campo y Tecnologia – Agrobiodiversidad-Conservación y Utilización Sustentable - INPA, p 4-6,1997.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 3. ed. Viçosa: UFV, 2004. 480p.

DIAZ RODRIGUES, G. Técnicas de la producción de semillas de plantas hortícolas. **Hortofruticultura**. v. 5, p. 31-36, 1990.

DONNELLY, E.D., WATSON, J.E., MCGUIRE, J.A. Inheritance of hard seed Vicia. *The J. Hered.* v. 63 n. 6 p 361-365. 1972.

EMBRAPA HORTALIÇAS. *Capsicum* pimentas e pimentões do Brasil. Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.br/capsicum>. Acesso em: 03/01/2013.

EMBRAPA Hortaliças. **Sistema de produção de pimentas (*Capsicum* spp.):** introdução e importância econômica. 2003. Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.sisprod/pimenta/index.htm>. Acesso em: 10 jun. 2013.

ESHBAUGH, W.H. Peppers: history and exploitation of a serendipitous new crop discovery. In: Janick, J.; Simon, J. E.; eds. *New crops*. New York: J Wiley and Sons, p 132-139. 1993.

FALCONER, D.S. Introdução à genética quantitativa. Tradução de Martinho de Almeida e Silva e José Carlos da Silva. Viçosa: UFV, 1987. 279p.

FAO. **Agricultural production, primary crops**. 2010. Disponível em <<http://www.fao.org>>. Acesso em 29 jun. 2013.

FONSECA, R.M., LOPES, R.; BARROS, W.S.; LOPES, M.T.G.; FERREIRA, F.M. Morphologic characterization and genetic diversity of *Capsicum chinense* Jacq. accessions along the upper Rio Negro - Amazonas. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**. v.8, p.187-194, 2008.

FORBES, I., WELLS, H.D. Hard and soft seedness in blue lupone, *Lupinus angustifolius* L. inheritance and phenotype classifications. **Crop Science**. V. 8 n. 2, p 195-197. 1968.

GEORGE, R.A.T. **Vegetable seed production**. London: CABI Publishing, 2.ed. 1999. 219p.

GERSON, R., HONNA, S. Emergence response of the pepper at low soil. **Euphytica**, v. 27, p. 151-156. 1978.

GLADSTONE, J.S. Lupinus as crop plants. **Field Crop Abstracts** v. 23 n. 2, p. 123-148. 1970.

HARRIS, D.C. Análise Química Quantitativa 6ª ed. LTC, 2005. 876 p.

HEISER, C.B. Peppers: *Capsicum* (Solanaceae). In: Smartt. J.; Simmonds, N.W.; eds. **Evolution of crop plants**. Essex: Longman, p. 449-451. 1995.

HENZ, G.P. Fontes de Resistência em *Capsicum* spp. *Colletotrium gloeosporioides*. **Revista Horticultura Brasileira**. v. 12, p. 82, 2004.

HENZ, G.P.; RIBEIRO, C.S.C., Pimentas *Capsicum*: Mercado e comercialização. Brasília: **Embrapa Hortaliças**, p. 15 – 24. 2008.

HOLLER, F.J.; SKOOG, D.A.; CROUCH, S.R. **Princípios de análise instrumental**. 6. ed, Porto Alegre: Bookman. 2009. 1056 p.

HOYT, E. **Conservação dos Parentes silvestres das plantas cultivadas**, 1992, 52 p.

HUNZIKER, A.T. South American Solanaceae: A synoptic Survey. En: HAWKER, J.G., R.N. LESTER, A.D. SKELDING. (eds). The biology and taxonomy of the Solanaceae. Academic Press, London, Linnean Society Symposium v. 7, p. 49-85. 1979.

HUNZIKER, A.T. Genera Solanacearum. The Genera of Solanaceae Illustrated, Arranged According to a New System. Gantner Verlag, Ruggell, Liechtenstein. Córdoba, Argentina. 2001. 500 p.

LANNES, S.D.; FINGER, F.L; SCHUELTER, A.R.; CASALI, V.W.D. Growth and quality of Brazilian accessions of *Capsicum chinense* fruits. **Scientia Horticulturae**, v. 112, n. 3, p. 266-270, 2007.

LIMA, A.; BAKKER, J. Espectroscopia no infravermelho próximo para a monitorização da perfusão tecidual. **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**. v. 23, n. 3, p. 341-351. 2011.

LIMA, M.L.P.; MELO FILHO, P.A.; CAFÉ FILHO, A.C. Susceptibilidade de pimentas e pimentões (*Capsicum* spp.) a infestação de ácaros fitófagos em cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, 19, suplemento CD-ROM. 2001.

LIRA, L.F.B.; ALBUQUERQUE, M.S.; PACHECO, J.G.A.; FONSECA, T.M.; CAVALCANTI, E.H.S.; STRAGEVITCH, L.; PIMENTEL, M. F. Infrared spectroscopy and multivariate calibration to monitor stability quality parameters of biodiesel. **Microchemical Journal**. v. 96, p. 126-131, 2010.

LOPES, C.A.; ÁVILA, A.C. Doenças do pimentão: diagnose e controle. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2003. 96 p.

LUZ, F.J.F.; BRAZ, L.T.; VARGAS, P.F.; ALMEIDA, G.V.B. Volume de pimentas in natura de gênero *Capsicum*, comercializadas na Ceagesp – SP no ano de 2004. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 11, p. 145, 2006.

MARCELIS, L.F.M.; HOFMAN-EIJER, L.R.B. Effects of seed number on competition and dominance among fruits in *Capsicum annuum* L. **Annals of Botany, London**, v. 79, n. 6, p. 687-693, 1997.

MARFUTINA, V.P. Obtaining hybrid seeds of sweet pepper without emasculation of the flowers. **Plant Breeding Abstracts**. v. 10, p. 288. 1974.

MARTINS, K.C.; PEREIRA, SOUZA, T.N.S.; S.A.M.; COSTA, F.R. Meiose e viabilidade polínica em acessos de *Capsicum annuum* e *Capsicum baccatum*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 8, p.1746-1751, ago, 2010.

MISTRY, B.D. A Handbook of Spectroscopic Data. Oxford Book Company, 2009.

MOREIRA, M.A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 3a ed. atual. ampl. Viçosa: UFV, 2007. 320 p.: il.

MOSCONE, E.A.; SCALDAFERRO, M.A.; GRABIELE, M.; CECCHINI, N.M.; GARCÍA, Y.S.; JARRET, R.; DAVIÑA, J.R.; DUCASSE, D.A.; BARBOZA, G.E.; EHRENDORFER, F. 67 The Evolution of Chili Peppers (*Capsicum* – Solanaceae): a Cytogenetic Perspective. VI th International Solanaceae Conference. **Acta Horticulture** v. 745, p. 138-139, 2007.

MURHY, N.S.R.; MURHY, B.S. Natural cross pollination in chilli. **Andhra Agriculture Journal**, Bapatla, v. 9, n. 3, p. 163-5, 1962.

NASS, L.L.; VALOIS, A.C.C.; MELO, I.S.; VALADARES-INGLIS, M.C. **Recursos genéticos e melhoramento-plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. 1183 p.

NAUMANN, D. Infrared spectroscopy in Microbiology. **Encyclopedia of Analytical Chemistry**, ed. R. A Meyers, Chichester, p. 102-131, 2000.

OLIVEIRA, F.J.; FILHO, C.J.A.; BASTOS, G.Q.; REIS, O.V.; TEÓFILO, E.M. Caracteres agronômicos aplicados na seleção de cultivares de feijão-caupi. **Revista Ciência Agronômica**, v. 34, n. 1, P.5-11. 2003.

OLIVEIRA, S.A.G.; LOPES, M.T.G.; CHAVES, F.C.M.; MARTINS, C.C.; ALVES, E.U. Estimation of genetic parameters of *Plukenetia volubilis* L. seed germination. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 56, n. Supl., p. 49-54, 2013.

PASQUINI, C. Near Infrared Spectroscopy: Fundamentals, Practical Aspects and Analytical Applications. **Journal Of The Brazilian Chemical Society**. v, 14, n. 2, p. 198-219. 2003.

PICKERSGILL, B. Cytogenetics and evolution of *Capsicum* L. In: Tsuchiya, T.; Gupta, P. K.; eds. *Chromosome engineering in plants: genetics, breeding, evolution, part B*. Amsterdam: Elsevier, 139-160p, 1991.

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

PICKERSGILL, B. Relationship between weedy and cultivated forms in some species of chilli peppers, (*Genus Capsicum*). **Evolution**. v. 25, p. 683-91, 1971.

PICKERSGILL, B. **Some aspects of interespecific hybridization in *Capsicum***. In: Meeting of the Eucarpia *Capsicum* Working group, 4. Wageningen, Netherlands, 1980. 4p.

PICKERSGILL, B. The archaeological record of chili peppers (*Capsicum* spp.) and the sequence of the plant domestication in Peru. **America Antiquity**, v. 34, p. 54-61, 1966.

PICKERSGILL, B. **The domestication of chilli peppers**. IN: UCKO. B.J E., DIMBLEBY, G W. (eds.). The domestication and exploitation of plants and animals. London: Gerald Duckworth, p. 443-50, 1969.

POULOS, J.M., REIFSCHNEIDER, F.J.B.; COFFMAN, W.R. Heritability and gain from selection for quantitative resistance to *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* in *Capsicum annuum* L. **Euphytica**. v. 56, p. 161-167. 1991.

QUAGLIOTTI, L. Floral biology of *Capsicum* and *Solanum melongena*. In: HAWKERS, J G.; LESTER, R.N.; SKELDING, A.D. (Eds.) **The Biology and Taxonomy of the Solanaceae**. London: Academic Press, p. 399-419. 1979.

QUEIROZ, R.M.; MATOS, V.P.; ANUNCIACAO FILHO, C.J. Variação do grau de dormência em sementes de *Stylosanthes scabra* de três regiões ecogeográficas do estado de Pernambuco. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental** [online]. v.4, n.3, p. 416-420. 2000. ISSN 1807-1929.

RÊGO, E.R.; FINGER, F.L.; CRUZ, C.D.; RÊGO, M.M. Caracterização, diversidade e estimação de parâmetros genéticos em pimenteiras (*Capsicum* spp.). **Anais...** In: Encontro Nacional do Agronegócio Pimentas (*Capsicum* spp.), 2, 2006.

REGO, F.L.H.; COSTA, R.B.C.; CONTINI, A.Z.; MORENO, R.G.S.; RONDELLI, K.G.S.; KUMIMOTO, H.H. Variabilidade genética e estimativas de herdabilidade para o caráter germinação em matrizes de *Albizia lebeck*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p.1209-1212, set-out, 2005.

REIFSCHNEIDER, F.J.B. *Capsicum* Pimentas e Pimentões do Brasil. Brasília, DF: **Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia/ Embrapa Hortaliças**, 2000. 113 p.

REIFSCHNEIDER, F.J.B., RIBEIRO, C.S.C.; LOPES, C.A. Pepper production and breeding in Brazil - present situation and prospects. **Capsicum Newsletter**, v. 17, p. 23-31, 1998.

REIFSCHNEIDER, F.J.B.; CAFÉ FILHO, A.C.; RÊGO, A.M. Factors affecting the expression of pepper resistance to *Phytophthora* blight in screening trials. **Plant Pathology**, v. 35, p. 451-456. 1986.

REIS, M.S.; MARTINS, P.S. Determinação de parâmetros genéticos relacionados com a dormência das sementes de espécies de *Stylosanthes* Sw. **Revista Ceres**, v. 33, p. 363-371, 1986.

RIBEIRO, C.S.C.; SOUZA, O.B.; REIFSCHNEIDER, F.J.B.; GIORDANO, L.B.; KICH, A. Programa de melhoramento genético de *Capsicum* da Embrapa Hortaliças. In: 44 Congresso Brasileiro de Olericultura, 2004, Campo Grande - MS. **Revista Horticultura Brasileira**. Brasília, v. 22. p. 385. 2004.

RIBEIRO, C.S.C.; CRUZ, D.M.R. Comercio de semente de pimentão esta em expansão. Apenas o mercado nacional movimenta US\$ 1,5 milhão. **Revista Cultivar Hortaliças e Frutas**, Pelotas, n. 21, set. 2003.

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

SACCARDO, F. Miglioramento del peperone. In: COLLANA L'ITALIA AGRICOLA (Roma, Italia). Miglioramento genético dei vegetali. Roma: Reda, p. 183-200. 1992.

SANTOS, C.; FRAGA, M.E.; KOZAKIEWICZ, Z.; LIMA, N. Fourier transform infrared as a powerful technique for the identification and characterization of filamentous fungi and yeasts. **Research in Microbiology**, v. 161, p. 168-175, 2010.

SHAKYA, S.M.; SCOTT, J.W. Influence of flower maturity and environment on hybrid and selfed seed production of several tomato genotypes. **Journal of American Society for Horticultural Science**. v. 108, n. 5, p. 875-878, 1983.

SIESLER, H.W. Near-Infrared Spectroscopy of Polymers, **Makromolekulare Chemie., Macromolecular Symposia**, v. 52, p. 113-129, 1991.

SILVA, E.C.; SOUZA, R.J. **Cultura da Pimenta**. 2005. Disponível em: http://www.editora.ufla.br/boletimpdfextensãobol_68.pdf. Acesso em: 18 de jun 2013.

SILVA, L.L. **Heterose e capacidade de combinação em cruzamentos dialélicos de pimentão**. 2003. 82 f. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.

SILVERSTEIN, R.M.; WEBSTER, F.X.; KIEMLE, D.J. Spectrometric identification of organic compounds. 6^a. ed. John Wiley e sons. 2005. 550 p.

SKOOG, D.A.; HOLLER, F.J.; NIEMAN, T.A. **Princípios de Análise Instrumental**. 5^a Ed. Bookman, 2002. 836p.

SMITH, P.G.; HEISER, C.B. Jr. Taxonomy and genetic studies on the cultivated peppers, *Capsicum annuum* L. and *Capsicum frutescens* L. **American Journal of Botany**, v. 38, p. 362-68, 1951.

SOUZA, V.A.B. Viabilidade no cruzamento entre *Capsicum annuum* e *Capsicum chinense* Jacq. 1987. 100 f. Tese de Mestrado. Viçosa, UFV, Imprensa Universitária.

VEASEY, E.A.; FREITAS, J.C.T.; SCHAMMASS, E.A. Variabilidade da dormência de sementes entre e dentro de espécies de *Sesbania*. **Scientia agricola** [online]. v. 57, n. 2, p. 299-304. 2000. ISSN 0103-9016.

VEASEY, E.A.; MARTINS, P.S. Variability in seed dormancy and germination potential in *Desmodium* Desv. (Leguminosae). **Revista Brasileira de Genética**, v. 14, p. 527-545, 1991.

VILELA, N.J.; JUNQUEIRA, K.P; Coeficiente técnico, custos, rendimento e rentabilidade das pimentas. **Informe Agropecuário**, v. 27, n. 235, p. 104-108, 2006.

WILSON, E.B.; DECIUS, J.C.; CROSS, P.C. Molecular vibrations: the theory of infrared and Raman vibrational spectra. **Courier Dover Publications**, 1980.

4. CAPÍTULO 1. Discriminação de espécies de *Capsicum* L. com espectroscopia no infravermelho próximo (NIR)

RESUMO

O Brasil é um importante centro de diversidade para o gênero *Capsicum*, abrigando espécies domesticadas, semidomesticadas e silvestres. Identificar plantas em germoplasma selvagem pode ser um grande desafio. Entretanto, a espectroscopia de folhas no infravermelho próximo tem se apresentado uma técnica com surpreendente potencial para auxiliar a taxonomia de plantas e a diferenciação de espécies aproximadas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial da espectroscopia no infravermelho próximo para discriminar espécies do gênero *Capsicum*. Foram analisadas folhas inteiras e desidratadas de 53 acessos de 4 espécies em espectrofotômetro. Foram coletadas seis leituras espectrais por amostra. A matriz de dados utilizada na análise foi composta por 500 variáveis (bandas espectrais) para as espécies. As 500 variáveis que correspondem aos comprimentos de onda foram submetidas a Análise Discriminante de Fisher para diferenciar e caracterizar as espécies de *Capsicum*. As amostras foram separadas em 4 grupos a partir de suas assinaturas espectrais, correspondendo a cada uma das espécies. A maior distância média foi verificada entre os grupos 1 e 4, e a menor, entre os grupos 2 e 3. Foi possível distinguir espécies dos gêneros *Capsicum* utilizando a técnica espectroscopia foliar no infravermelho próximo.

Palavras-chave: Infravermelho próximo, análise discriminante, pimentas.

4. CHAPTER 1. Discrimination of *Capsicum* spp. using near infrared spectroscopy (NIR).

ABSTRACT

Brazil is an important center of diversity of the genus *Capsicum*, housing domesticated, semi-domesticated and wild species. Identify plants in the wild germplasm can be a big challenge. However, the leaves spectroscopy in the near infrared has surprising presented a technique with potential to help the taxonomy of plants and differentiation of approximate species. The objective of this study was to evaluate the potential of near infrared spectroscopy to discriminate species of the genus *Capsicum*. Whole and dehydrated leaves of 53 hits 4 species spectrophotometer were analyzed. Six spectral readings were collected (sample). The data matrix used in the analysis consisted of 500 variables (spectral bands) for the species. The variables 500 corresponding to wavelengths were subjected to Fisher discriminant analysis to differentiate and characterize the species of *Capsicum*. The samples were separated into 4 groups based on their spectral signatures corresponding to each species, the greater distance average was observed between groups 1 and 4, and the lowest, between groups 2 and 3. It was possible to distinguish species of *Capsicum* genus using the technique leaf near infrared spectroscopy.

Keywords: Near infrared, discriminant analysis, peppers

4.1. INTRODUÇÃO

O conhecimento da diversidade genética entre e dentro de populações naturais permite um melhor entendimento de como a seleção está atuando em função da adaptabilidade, pois quanto maior a variabilidade da população, maior é a chance de perpetuação da espécie (ESTOPA et al., 2006). Estudos de diversidade genética em coleções de germoplasma também têm sido realizados para auxiliar no processo de conservação e melhoramento de espécies de interesse agrônomico (ESFAHANI et al., 2009; SETOTAW et al., 2010).

Para se acessar a diversidade genética e caracterizar coleções de *Capsicum* têm-se utilizado descritores morfoagronômicos (INOUE e REIFSCHNEIDER, 1989; TEIXEIRA, 1996; RAMOS et al., 2000, 2001; SUDRÉ et al., 2005; COSTA, 2013), marcadores moleculares (COSTA et al., 2006; SOUZA, 2008) dados de resistência a doenças bacterianas e virais (RIVA et al., 2007; BENTO, 2008), análises citogenéticas (MARTINS, 2007; MONTEIRO, 2007; SOUZA, 2008) e obtenção e avaliação de híbridos interespecíficos entre as espécies domesticadas (CAMPOS, 2006; COSTA et al., 2008). Esses processos de identificação envolvem custo geralmente elevados (obtenção de marcadores moleculares) e um tempo considerável de trabalho no campo e em laboratório.

Atualmente, a espectroscopia de folhas no infravermelho próximo (NIR) tem se mostrado uma ferramenta para auxiliar a taxonomia vegetal (DHARMARAJ et al., 2006; CASTILLO et al., 2008; KRAJSEK, 2008; GUO et al., 2009; FAN et al., 2010; SEVERO, 2010; MUÑIZ et al., 2012). O NIR assemelha-se à uma impressão digital da espécie estudada, auxiliando em estudos genéticos (SÉNE, 1994). O

comportamento espectral de uma amostra é uma função da sua composição química, morfologia e estrutura interna, variando, portanto, nos organismos geneticamente distintos. Na região do visível (400 a 700 nm) se observa baixa reflectância devido à absorção da radiação incidente pelos pigmentos, como as clorofilas a e b e os carotenóides; na região do infravermelho próximo (700 a 1300 nm) a reflectância das folhas é alta devido às múltiplas reflexões da radiação nas paredes das células; e na região do infravermelho médio o teor de água contido nas folhas é responsável pela absorção em 1400 e 1950 nm diminuindo a reflectância da folha (GATES et al., 1965).

Conforme descrito acima, o NIR apresenta-se como um método alternativo para descrever a variabilidade genética de *Capsicum* com redução de custo e tempo.

4.2 OBJETIVOS

4.2.1 Geral

Avaliar o potencial da espectroscopia no infravermelho próximo (NIR) para distinguir espécies do gênero *Capsicum*.

4.2.2 Específicos

Avaliar o NIR para distinguir espécies dos gêneros *Capsicum*.

Comparar os resultados da classificação por NIR com a classificação taxonômica dos acessos do banco de germoplasma da Faculdade de Ciências Agrárias.

4.3. MATERIAL E MÉTODOS

4.3.1. Espectroscopia no infravermelho próximo (NIR)

4.3.1.1 Material

Analisaram-se 53 indivíduos adultos em quatro espécies do gênero *Capsicum*: *C. chinense* (46), *C. annuum* (04), *C. frutescens* (02) e *C. Baccatum* (01). Todas as espécies estudadas foram provenientes da Coleção de *Capsicum* da Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Amazonas em Manaus, AM (02° 54' 49" S, 60 °02' 55" W) (FONSECA et al., 2008, COSTA et al., 2009).

Amostras das folhas coletadas foram previamente higienizadas, devidamente identificadas e desidratadas com sílica gel e posteriormente armazenadas inteiras em sacos plásticos.

4.3.1.2 Coleta espectral

As leituras espectrais das amostras (folhas) foram expressas pelos valores de absorbância entre os comprimentos de onda de 9995,069 a 3996,485 (cm⁻¹) no infravermelho próximo utilizando o espectrofotômetro XDS *Rapid Content Analyser*TM (FOSS), analisador *Near Infrared* NIR, equipado com um espectrômetro com grade de pesquisa que emite feixes de luz infravermelho próximo nos comprimentos de 400 a 2500 nm (Figura 1).



Figura 1 – Equipamento utilizado para as coletas espectrais. A- Detalhe do equipamento; B- Equipamento com porta aberta; C- Célula de armazenamento de amostras para leitura espectral

Cada leitura espectral foi realizada em um tempo médio de 60 segundos para leituras de 2 em 2 nanômetros. Foram coletadas 30 leituras espectrais por folha. Cada folha teve espectro gerado a partir de seis posições (ápice, centro e base das folhas), sendo três na face abaxial e três na adaxial.

Foram coletados 1556 espectros para cada série de 30 varreduras realizadas por espécie. Os espectros resultantes foram registrados pelos programas ISI Scan e WIN Scan (VERSOES E REFERENCIAS)

4.3.1.3. Análise estatística dos dados

Das 30 varreduras realizadas para os 1556 espectros foi calculada a média dos espectros nas seis posições da folha sendo utilizados os espectros sem eliminação de possíveis ruídos.

Os dados dos espectros foram submetidos à Seleção Stepwise utilizando o

Programa GENES - Aplicativo Computacional em Genética e Estatística, versão Windows (CRUZ, 2006), que selecionou as 500 variáveis espectrais mais representativas a partir da correlação de Pearson. A técnica constrói uma sequência de modelos de regressão pela adição ou remoção de variáveis em cada etapa, o critério para adicionar ou remover uma variável em qualquer etapa é geralmente expresso em termos de um teste parcial F.

A matriz de dados utilizada na análise estatística para evidenciar a análise de agrupamento foi composta por 500 variáveis (bandas espectrais), para as 4 espécies que apresentaram-se com maior representatividade na seleção primária (Stepwise).

Após a redução foi feita a média das 500 variáveis selecionadas para cada espécie. Utilizou-se uma análise multivariada por Distância Euclidiana média e agrupamento por UPGMA. As estimativas das Distâncias Euclidianas médias evidenciam o grau de dissimilaridade entre os genitores avaliados (CRUZ, 2006). A matriz de distância obtida a partir das bandas espectrais foi utilizada para estabelecer o nível de divergência genética entre as espécies uma vez que suas assinaturas espectrais são únicas e podem ser utilizadas como técnica auxiliar em estudos genéticos (SÉNE, 1994). A análise de agrupamento tem por finalidade reunir objetos semelhantes segundo suas características (variáveis) empregando algum critério de dissimilaridade de tal forma que exista maior homogeneidade dentro do que entre os grupos formados.

Na diferenciação e caracterização das espécies foi realizada a análise discriminante, com o objetivo de desenvolver e validar o método para determinação da classe destas populações a partir de seus dados espectrais. Para tanto, foi realizada a análise Discriminante de Fisher por meio programa GENES (CRUZ,

2006). Foi montado um dendrograma (gráfico) em forma de árvore onde se pode observar alterações nos níveis de dissimilaridade para as diferentes espécies agrupadas.

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis analisadas (bandas espectrais) permitiram a separação de quatro grupos a partir de suas assinaturas espectrais e as distâncias estimadas permitiram identificar a espécie *Capsicum chinense* como a mais divergente.

A análise de agrupamento mostrou que há dissimilaridade entre a espécie *C. chinense* (G1) em relação às outras e, similaridade entre as outras três (*C. annuum* (G2), *C. frutescens* (G3) e *C. baccatum* (G4)) fato que pode ter acontecido por conta de um número inferior de amostras das mesmas.

A maior distância media foi verificada entre as os grupos G1 e G4 (6,493919), e a menor, entre os grupos G2 e G3 (0,026257). As estimativas de distância genética utilizando dados de NIR (Tabela 1) variaram de 6,493919 para as espécies menos relacionadas (distantes) (*C. chinense* e *C. baccatum*), a 0,026257 para as espécies mais relacionadas (próximas) (*C. annuum* e *C. frutescens*).

Tabela 1. Matriz de distância genética entre as quatro espécies de *Capsicum ssp.*

Espécies	<i>C. chinense</i>	<i>C. annuum</i>	<i>C. frutescens</i>	<i>C. baccatum</i>
<i>C. chinense</i>	***	6.493217	6.490142	6.493919
<i>C. annuum</i>		***	0.026257	0.040835
<i>C. frutescens</i>			***	0.032159

A partir da matriz de similaridade foi gerado o agrupamento pelo método UPGMA (Figura 2), onde no eixo X, estão representadas as percentagens das distâncias entre os acessos e no eixo Y, estão representados os 4 grupos, considerando as espécies de *Capsicum*. Não houve a necessidade de ponto de

corde uma vez que é visível a distinção entre as espécies avaliadas.

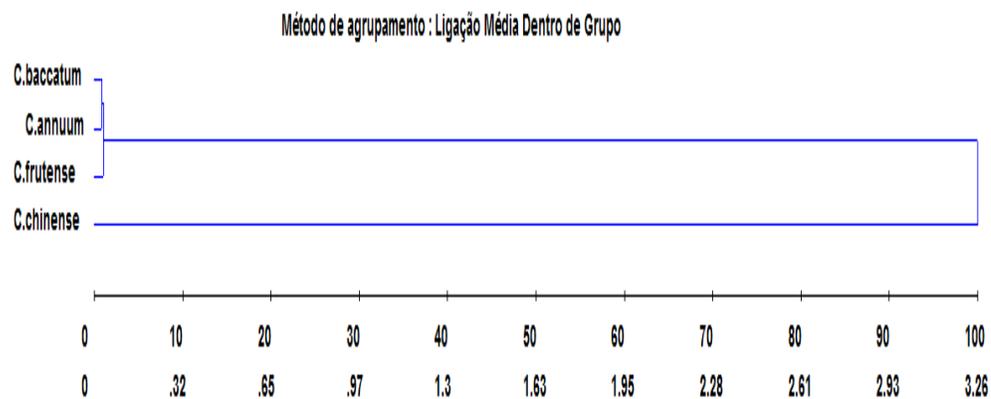


Figura 2. Dendrograma de espécies de *Capsicum*, pelo método de agrupamento por ligação média dentro do grupo.

O dendrograma de dissimilaridade revela dois grupos distintos, sendo *C. chinense* a espécie que mais se distanciou das demais; isto foi influenciado principalmente pelo grande número de indivíduos representantes na análise, e as demais espécies ficando agrupadas.

4.5 CONCLUSÕES

O uso dos comprimentos de onda referentes ao infravermelho próximo (NIR) das amostras de folhas de *Capsicum ssp.* possibilitou o processo de discriminação de espécies do gênero.

As leituras espectrais são úteis para auxiliar na discriminação de distâncias genéticas entre as espécies de pimentas.

4.6. REFERÊNCIAS

BENTO, C.S. Identificação de fontes de resistência ao Pepper yellow mosaic virus em *Capsicum* spp. e resposta ecofisiológica de acessos de *Capsicum chinense* infectados com em esse vírus. 2008. 97 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Campos dos Goytacazes – J, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF.

CAMPOS, K.P. Obtenção, caracterização morfológica e reprodutiva de híbridos interespecíficos entre espécies domesticadas de *Capsicum*. 2006. 158 f. Dissertação de Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas, Campos dos Goytacazes, UENF.

CARNEIRO, P.L.S.; MALHADO, C.H.M.; AZEVÊDO, D.M.M.R.; SILVA, D.C.; ALVES, A.A.; CAMPELO, J.E.G.; COSTA JÚNIOR, G.S. Estudo de Populações de Ovinos Santa Inês utilizando técnicas de Análise Multivariada. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 8, n. 1, p. 38-48, 2006.

CASTILLO, R.; CONTRERAS, D.; FREER, J.; RUIZ, J; VALENZUELA, S. Supervised pattern recognition techniques for classification of Eucalyptus species from leaves NIR spectra. **Journal of the Chilean Chemical Society**, v. 53, p. 4. 2008.

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

COSTA, L.V. Caracterização Morfológica e Produtiva de Pimentas (*Capsicum* spp). 2013. 96 f. Tese de Doutorado em Agronomia Tropical. Universidade Federal do Amazonas UFAM.

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

COSTA, L.V.; LOPES, R.; LOPES, M.T.G.; FIGUEIREDO, A.F.F.; BARROS, W.S.; ALVES, S.R.M. Cross compatibility of domesticated hot pepper and cultivated sweet pepper. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**. v. 9. p. 37-44, 2009

CRUZ, C.D. Programa genes (versão Windows): aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 2006. 648 p.

DHARMARAJ, S.; JAMALUDIN, A.S.; RAZAK, H.M.; VALLIAPPAN, R.; AHMAD, N.A.; HARN, K.G.L.; ISMAIL, Z. The classification of *Phyllanthu sniruri* Linn. According to location by infrared spectroscopy. *Vibrational Spectroscopy*, v. 41, p. 68-72. 2006.

ESFAHANI, S.T.; SHIRAN, B.; BALALI, G. AFLP markers for the assessment of genetic diversity in European and North American potato varieties cultivated in Iran. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 9, p. 75-86. 2009.

ESTOPA, R.A.; SOUZA, A.M.; MOURA, M.C.O.; BOTREL, M.C.G.; MENDONÇA, E.G.; CARVALHO, D. Diversidade genética em populações naturais de candeia (*Eremanthuserythropappus* (DC.) MacLeish). **Scientia Forestalis**, v. 70, p. 97-106. 2006.

FAN, Q.; WANG, Y. SUN, P.; LIU, S.; LI, Y. Discrimination of Ephedra plants with diffuse reflectance FT-NIRS and multivariate analysis. **Talanta**, v. 80, p. 1245-1250. 2010.

FONSECA, R.M., LOPES, R.; BARROS, W.S.; LOPES, M.T.G.; FERREIRA, F.M. Morphologic characterization and genetic diversity of *Capsicum chinense* Jacq. accessions along the upper Rio Negro – Amazonas. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 8, p. 187-194, 2008.

GATES, D.M.; KEEGAN, H.J.; SCHLETER, J.C.; WEIDNER, V. R. **Spectral properties of plants**. *Applied Optics*, v. 4, p. 11-20, 1965.

GUO, T.; GUO, L.; WANG, X.; LI, M. Application of NIR Spectroscopy in Classification of Plant Species. First International Workshop on Education Technology and Computer Science, p. 1-5. 2009.

INOUE, A.K.; REIFSCHNEIDER, J.B. Caracterização da coleção de germoplasma de *Capsicum* do CNPH. **Horticultura Brasileira**, v. 7, n. 1, p. 10-18, 1989.

KRAJSEK, S.S.; BUH, P.; ZEGA, A.; KREFT, S. Identification of herbarium Whole-leaf Samples of *Epilobium* Species by ATR-IR Spectroscopy. **Chemistry & Biodiversity**, v. 5, p. 310–317, 2008.

MARTINS, K.C. Análise meiótica em acessos representantes de espécies de

Capsicum L. (Solanaceae). 2007. 51 f. Dissertação de Monografia em Licenciatura em Biologia. Universidade Estadual do Norte Fluminense-Darcy Ribeiro.

MONTEIRO, C.E.S. Viabilidade Polínica de Híbridos Interespecíficos e acessos do gênero *Capsicum* L. (SOLANACEAE). 2007. 45 f. Dissertação de monografia em Biociências e Biotecnologia. Universidade Estadual do Norte Fluminense-Darcy Ribeiro.

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

MUÑIZ, G.I.B.; MAGALHÃES, W.L.E.; CARNEIRO, M.E.; VIANA, L.C. Fundamentos e estado da arte da Espectroscopia no infravermelho próximo no setor de base floresta. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 4, p. 865-875, out.-dez., 2012.

RAMOS, S.R.R. RODRIGUES, R.; AMARAL JUNIOR, A.T.; COSTA, R.A.; PEREIRA, T.N.S. Divergência genética em acessos de pimenta coletados no Rio de Janeiro. **Horticultura Brasileira**, v. 18, p. 673-674, 2000.

RAMOS, S.R.R.; RODRIGUES, R.; LEAL, F.C.; SUDRÉ, C.P.; TELMA N. S. PEREIRA, T.N.S. Caracterização preliminar de acessos de ***Capsicum*** do Banco ativo de germoplasma da UENF. **Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 2, p. 270, 2001.

RIVA, E.M.; RODRIGUES, R; SUDRÉ, C.P.; PEREIRA, M.G.; VIANA, A.P.; AMARAL JÚNIOR, A.T. Obtaining pepper F2:3 lines with resistance to the bacterial spot using the pedigree method. **Horticultura Brasileira**, v. 25, p. 567-571, 2007.

SÉNE, C.F.B.; MCCANN, M.C.; WILSON, R.H.; GRINTER, R. Fourier-Transform Raman and Fourier - Transform Infrared Spectroscopy: An Investigation of five higherplant cell walls and their components. **Plant Physiology**, v. 106, p. 1623-1631. 1994.

SETOTAW, T.A.; DIAS, L.A.S.; MISSIO, R.F. Genetic divergence among barley accessions from Ethiopia. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**. v. 10, p. 116-123. 2010.

SEVERO, R.B.. Identificação de planta medicinal baseada em espectroscopia e

lógica Fuzzy. 2010. 163 f. Tese de doutorado, Escola politécnica da Universidade de São Paulo.

SOUZA, S.A.M. Caracterização citogenética, química e molecular em *Capsicum chinense* Jacq. 2008. 67 f. Dissertação de Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas. Campos dos Goytacazes: UENF.

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

TEIXEIRA, R. **Diversidade em Capsicum: análise molecular, morfoagronômica e química**. 1996. 81 f. Tese (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Curso de Pós-graduação em Genética e Melhoramento, Universidade Federal de Viçosa.

5. CAPÍTULO 2 – Hibridação interespecífica entre *Capsicum annuum* e *Capsicum chinense*

RESUMO

Pimentas e pimentões possuem grande importância social e econômica, tendo sua exploração realizada tanto pela agricultura familiar como em cultivos agroindustriais. Seu mercado é bastante diversificado, indo desde o consumo *in natura* e conservas caseiras até a exportação do produto industrializado. A Amazônia é o centro de diversidade da espécie *Capsicum chinense*, espécie essa que apresenta alta variabilidade genética e genes de interesse para o melhoramento de *C. annuum*, que é a espécie cultivada de maior importância econômica. Para exploração do germoplasma de *C. chinense* no melhoramento de *C. annuum* por meio da hibridação interespecífica faz-se necessário avaliar a compatibilidade entre as espécies e a viabilidade dos híbridos gerados. Nesse trabalho foi avaliada a compatibilidade entre *C. chinense* e *C. annuum* para a obtenção de híbridos interespecíficos. O experimento foi realizado em casa de vegetação. No estudo do efeito das polinizações no vingamento de frutos de *C. chinense* foram avaliadas trinta subamostras. Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) com três repetições e parcelas experimentais compostas de 30 flores. No estudo da compatibilidade entre as espécies, foram cruzados trinta subamostras de *C. chinense*, usados como genitores masculinos e a variedade comercial Casca dura Ikeda (*C. annuum*), genitor feminino. Todos os tratamentos avaliados em *C. chinense* produziram frutos com taxas de vingamento que variaram com as subamostras utilizadas. Os resultados demonstraram que não existem restrições para a obtenção de híbridos a partir da polinização cruzada de *C. chinense* com *C. annuum*, indicando que os cruzamentos são compatíveis, com taxas de vingamento variando de 5,9 % a 42,2 %. Os resultados demonstraram que é possível a obtenção de frutos e sementes viáveis no cruzamento interespecífico, embora os resultados variem de acordo com as subamostras utilizadas.

Palavras-chave: Compatibilidade, cruzamento interespecífico, *Capsicum chinense*.

5. CHAPTER 2 – Interspecific hybridization between *Capsicum annuum* and *Capsicum chinense*.

ABSTRACT

Peppers and chillies have great social and economic importance, and its exploration undertaken by both the family farm and in agroindustrial crops. Your market is quite diverse, ranging from fresh consumption and home canning to export the manufactured product. The Amazon is the center of diversity of the species *Capsicum chinense* species presenting this high genetic variability and genes of interest for the improvement of *Capsicum annuum*, which is the most cultivated species of economic importance. To exploit the *C. chinense* germplasm in breeding of *C. annuum* through interspecific hybridization is necessary to evaluate the compatibility between species and viability of hybrids generated. In this work, the effect of pollination on fruit set of *C. chinense* has been reported, the compatibility between *C. chinense* and *C. annuum* of interspecific hybrids. The experiment was conducted in a greenhouse. In the study of the effect of pollination on fruit set of *C. chinense* thirty families were evaluated. The completely randomized design (CRD) was used with three repetitions and experimental plots of 30 flowers. In the study of the compatibility between species, thirty progenies of *C. chinense*, used as male parents and the hard shell Ikeda commercial variety (*C. annuum*), female parent were crossed. CRD was used with three replications and 30 flowers and rated the fruit set and the data were subjected to analysis of variance. All treatments evaluated in *C. chinense* produced fruits with fruit set rates that varied with the progenies. The results showed that there are no restrictions for obtaining progenies from the cross-pollination of *C. chinense* with *C. annuum*, indicating that the crossings are self. All performed interspecific crosses produced fruit, ripening with rates ranging from 5,9% to 42,2%. The results demonstrated that it is possible to obtain fruits and viable seeds in interspecific cross, although the results vary according to the progenies used.

Keywords: Compatibility, interspecific crossing, *Capsicum chinense*.

5.1. INTRODUÇÃO

O melhoramento de pimenteiras tem sido feito por meio de seleção massal em raças crioulas e, nos últimos tempos, alguns melhoristas tem dado ênfase ao uso de hibridação em programas de melhoramento. Hoje o grande desafio é selecionar cultivares com alta produção, proteger contra estresses bióticos e abióticos e melhorar a qualidade do fruto, de acordo com a finalidade para a indústria ou consumo *in natura* (RÊGO, 2011).

O cruzamento entre *Capsicum chinense* espécie que possui vasta variabilidade e *C. annuum* que é uma espécie associada à grande importância econômica, torna a combinação das espécies uma das mais importantes, senão a mais importante do gênero *Capsicum*. Uma vez que a hibridação interespecífica é utilizada principalmente com o objetivo de transferência de genes específicos de uma espécie para outra.

A realização da hibridação tem por finalidade combinar, em um mesmo indivíduo, dois ou mais fenótipos desejáveis que encontram-se em indivíduos diferentes. Através do cruzamento entre estes indivíduos, é gerada uma população com variabilidade genética. Posterior ao processo de hibridação, a seleção e a clonagem (propagação vegetativa) das melhores combinações, seguidas de avaliação clonal, podem resultar em novas cultivares (BORÉM, 2001).

Da mesma forma, características da espécie silvestre são transferidas para espécies cultivadas, conferindo-lhes resistência a determinados estresses, melhoria de suas qualidades nutricionais e arquitetura de planta (ALLARD, 1960). A

hibridação interespecífica igualmente gera ampla variabilidade genética nas gerações seguintes (SIQUEIRA et al., 1988). A existência de homologia entre as espécies cultivadas de *C. annuum*, *C. chinense*, *C. baccatum* e *C. frutescens*, pelo menos com respeito a caracteres fruto, é um fator que pode facilitar ou tornar possível essa transferência (PICKERSGILL, 1980).

A passagem de genes úteis através da hibridação interespecífica na maioria dos casos é limitada por incompatibilidade pré e pós-fertilização. A incompatibilidade pré-fertilização resulta do retardamento ou inibição do crescimento do tubo polínico e da falta de germinação do grão de pólen. Após a fertilização, as principais barreiras são morte dos embriões, devida à degeneração do endosperma, e a esterilidade total ou parcial das plantas híbridas (HOGENBOOM, 1975; PRESTES e GOULART, 1995). Os híbridos interespecíficos apresentam graus variáveis de fertilidade, desde completa esterilidade (ALLARD, 1960; LANTERI e PICKERSGILL, 1993) e fertilidade parcial até completamente férteis (RIBEIRO e MELO, 2005).

Cruzamentos entre *C. annuum* e *C. chinense* podem ser feitos em ambas as direções, porém são mais facilmente bem sucedidos quando *C. annuum* é utilizado como genitor feminino. Na geração F₁, as plantas podem apresentar graus variáveis de fertilidade (HEISER e SMITH, 1958). Lippert et al. (1966) relataram que híbridos F₁ parcialmente férteis são obtidos nos cruzamentos entre as espécies *C. annuum*, *C. chinense*, *C. baccatum*, *C. frutescens*, *C. pendulum*, *C. praetermissum* e *C. eximium*; e híbridos F₁ altamente férteis são obtidos na hibridação entre *C. pubescens*, *C. cardenasii* e *C. eximium*.

Hirose et al. (1960) citado por Saccardo e Ramulu (1977), cruzaram *C. chinense* com *C. annuum* e obtiveram de 70 a 76% de vingamento de frutos, com 7 a 14 sementes viáveis por fruto, as sementes germinaram, mas as plantas não sobreviveram, Costa et al. (2009), chegaram a valores entre 8,88 a 40% também para o vingamento de frutos cruzando as mesmas espécies. Subramanya (1983), estudando a transferência de genes para o caráter flores múltiplas (flores/nó), relatou problemas de incompatibilidade na geração F₁ e caracteres morfológicos anormais, tais como ausência de florescimento nos primeiros nós, macho esterilidade, proliferação de estames, bifurcação de estiletos e cálice com lóbulos pistilóides.

Ao estudarem a hibridação interespecífica entre espécies de *Capsicum*, Campos et al. (2005) relataram a ocorrência de pequeno número de sementes a partir do cruzamento entre *C. baccatum* e *C. chinense*, e que nos cruzamentos com *C. chinense*, *C. annuum* e *C. pubescens* não foram produzidos frutos ou quando produzidos não formaram sementes viáveis.

A importância de *C. chinense* no melhoramento de *C. annuum* relaciona-se principalmente com a transferência de genes de resistência a doenças, entretanto, outros caracteres desejáveis podem ser encontrados na espécie como; flores múltiplas, maior número de frutos por planta, uniformidade na maturação, gerando assim potencial para aumento de produtividade (Subramanya, 1983). Embora as dificuldades sejam enormes para a transferência de genes, existe um grande potencial de utilização da hibridação interespecífica e, apesar dos problemas, a imensa variabilidade gênica já justifica sua tentativa.

5.2 OBJETIVOS

5.2.1 Geral

Avaliar a viabilidade de cruzamento entre subamostras de *C. chinense* com *C. annuum*.

5.2.2. Específicos:

Verificar a viabilidade quanto à obtenção de híbridos a partir do cruzamento de subamostras de *C. chinense* com *C. annuum*.

Verificar se existe diferença de cruzabilidade entre os diferentes genótipos utilizados em cruzamentos interespecíficos de *C. chinense* com *C. annuum*.

5.3 MATERIAL E MÉTODOS

5.3.1 Coleta e armazenamento do material

5.3.1.1 Local de condução dos experimentos

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação tipo capela com 15 m de comprimento por 8 m de largura, no setor de olericultura da FCA na Universidade Federal do Amazonas (Latitude Sul 03° 06' 12,1", Longitude Oeste 59° 58' 54,7" e Altitude de 50,00 metros). O clima da região é do tipo "Afi", no esquema Köppen, com pluviosidade média anual de 2.400 mm (ocorrência de chuvas intensas de janeiro a maio) e temperatura média anual de 26°C em Manaus-AM (RIBEIRO, 1976). As polinizações foram realizadas no período chuvoso de fevereiro a setembro de 2013. A temperatura máxima e mínima foi de 33 °C e 22 °C, respectivamente, com a umidade relativa do ar média de 88%.

5.3.1.2 Material vegetal

Foram utilizados 30 subamostras de *Capsicum chinense* Jacq. originados da Coleção de pimenteiras do Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Amazonas ICET/UFAM, oriundos da região do Médio Amazonas e como genitor feminino a cultivar comercial de pimentão (*C. annuum* L.) Cascadura Ikeda. A identificação e as características de frutos dos morfotipos das subamostras estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Características dos morfotipos de pimenteiras em 30 subamostras de *Capsicum chinense* da Coleção de *Capsicum* spp. do Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Amazonas. Manaus – AM, 2014.

Morfotipo	Características dos frutos	Acessos
Olho-de-Peixe	Frutos arredondados ou achatados com cerca de 1 a 2,5 cm de diâmetro, coloração amarela ou vermelha muito aromáticos e altamente pungentes.	P05, P08, P21, P21
Murupi	Tradicionalmente cultivada na região norte, preferida por seu característico aroma e pungência. Frutos alongados apresentando superfície rugosa e comprimento que varia de 2,0 a 9,0 cm. Quando maduros apresentam coloração amarelo-pálido, amarelo-laranja, amarelo-limão, laranja, vermelho e salmão. As flores deste grupo que apresentam anteras brancas, dão origem a frutos de cor amarela. São muito pungentes.	P-01
Pimenta de Cheiro	Frutos com aroma forte e característico; apresentam uma grande variabilidade tanto no formato, tamanho, cor e na pungência, podendo variar de doce (sem pungência), a suavemente ou muito pungentes. As cores podem variar entre amarelo, amarelo-laranja, salmão, vermelho e vermelho escuro quando maduros. O tamanho varia de 2,0 a 4,0 cm de largura por 4,0 a 7,0 cm de comprimento.	P04, P06, P10, P12, P13, P14, P15, P19, P25, P26, P27, P28, P29, P30.
Dedo de Moça	Os frutos alongados de coloração vermelho, pendentes com comprimento de até 8cm e largura de até 2,5 cm e massa de até 8g, parede do fruto variando de 2 a 3cm., apresentam uma leve corrugação na secção transversal e 3 lóculos, superfície do fruto variando de liso e persistência intermediária, pungência média e aroma baixo.	P03
Curabiá	Frutos de formato arredondado, campanulado ou triangular, com posição variando de ereto, pendente a intermediário. Quando maduros são amarelo-laranja, laranja-pálido, laranja, vermelho escuro ou vermelho, com 1,0 a 4,0 cm de comprimento por 1,0 a 2,5 cm de largura e peso de até 4g, superfície do fruto variando de liso a semirugoso, são pungentes.	P02, P07, P09, P11, P16, P17, P18, P20, P23, P24

5.3.1.3. Produção de mudas

A germinação das sementes foi realizada em bandejas de poliestireno expandido de 128 células preenchidas com substrato Plantimax HT® e a repicagem aos 20 dias após a germinação para sacos de polietileno de 400 mL (Figura 1).

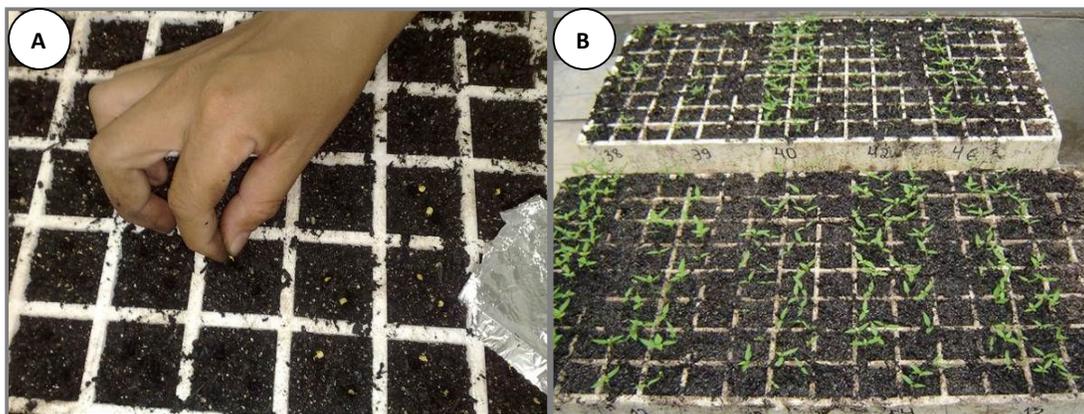


Figura 1. Semeio em bandejas de poliestireno de 128 células utilizadas para germinação das sementes (A). Plântulas nas bandejas prontas para repicagem (B).

Quando as mudas atingiram, aproximadamente, 10 cm de comprimento foram transplantadas para vasos de 14 Kg. O solo utilizado como substrato foi previamente analisado e realizada a adubação com base nas exigências da cultura (RAIJ, 1997). No preparo do substrato foram adicionados 56 g de calcário dolomítico, 28 g de superfosfato simples, 5,6 g de cloreto de potássio e 1 Kg de esterco de gado curtido por vaso de 14 Kg.



Figura 3. Vasos de 14 litros para germinação das sementes (A). Mudas após repicagem para vasos de polipropileno de 14 litros (B).

Na adubação de cobertura foram aplicados 2,5 g de uréia e 1,7 g de cloreto de potássio por vaso a cada 15 dias após o transplântio, e uma aplicação de adubo foliar a cada 15 dias durante meses que seguiram o experimento. Durante a condução do experimento foram eliminadas periodicamente as plantas daninhas do substrato, realizadas irrigações diárias e controle fitossanitário por meio de pulverizações com oxiclreto de cobre (50 g/20 L água) e imidacloprid (6 g/20L água) quando necessário.

5.3.1.4. Compatibilidade do cruzamento entre *C. chinense* Jacq. e *C. annuum* L.

Foi empregado o delineamento experimental inteiramente casualizado, com 30 tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram compostos por trinta cruzamentos de *C. annuum* com *C. chinense*. Cada parcela experimental foi composta de três plantas de *C. annuum*, nas quais o tratamento foi aplicado em 30 flores tomadas aleatoriamente, totalizando 90 flores polinizadas por tratamento.

A polinização controlada foi realizada em botões florais emasculados antes da deiscência das anteras de acordo com recomendação de George (1999) e adaptações de Costa (2009). A emasculação foi feita no dia anterior ao da polinização, com o auxílio de pinça, no final da tarde, sendo protegidos com sacos de papel para evitar contaminação de pólen indesejável e pela manhã do dia seguinte, a partir das 10:00h, horário em que as flores de pimenta liberam pólen, foi realizada a polinização esfregando as anteras recém abertas diretamente sobre o estigma das flores polinizadas (Figura 5).

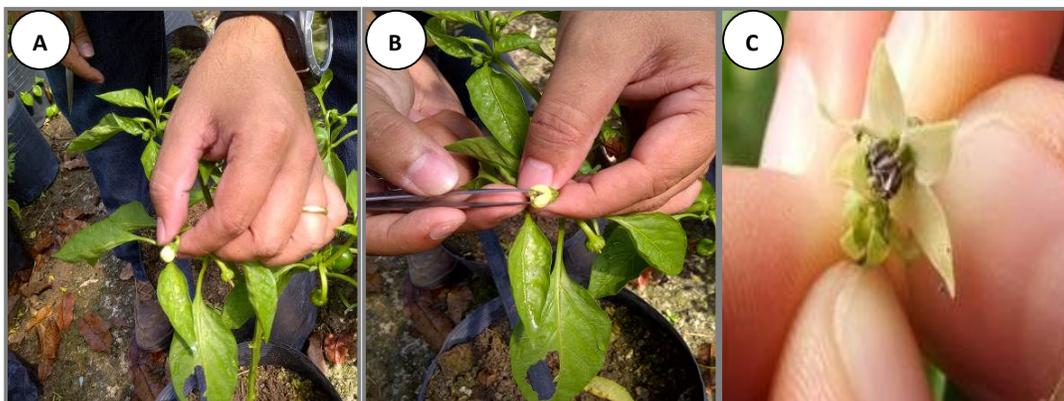


Figura 4. Procedimento de polinização das flores de *Capsicum annuum* e frutos vingados: Botão floral antes da emasculação (A), emasculação (B), polinização (C)

Após a polinização, as flores permaneceram protegidas por um período de três dias. Os cruzamentos foram identificados com etiquetas fixadas no pedúnculo das flores (Figura 5).



Figura 5. Fases de acompanhamento: A) Proteção do botão após a polinização; B) Flor identificada com a data da polinização; C) Fruto verde resultante da fecundação cruzada.

A queda das estruturas reprodutivas (flores e frutos imaturos) foi acompanhada diariamente. Quando maduros, os frutos foram colhidos e as sementes extraídas manualmente (Figura 6) e secas à sombra por um período de três a cinco dias, sendo posteriormente armazenadas em câmara com temperatura

de 12 °C e umidade de 14%.

Os dados em porcentagem de frutos vingados em relação ao número de flores polinizadas foram submetidos à análise de variância utilizando o programa GENES (CRUZ, 2006).

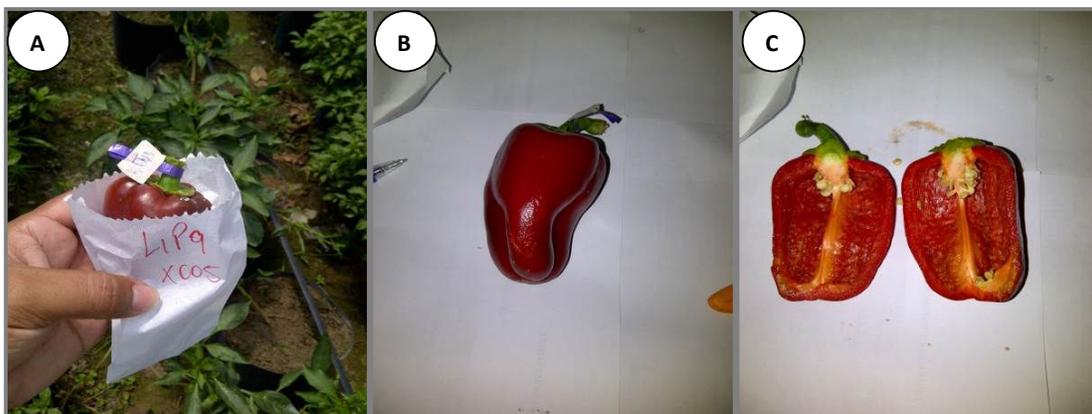


Figura 6. (A e B) Coleta e armazenamento de frutos; C) retirada de sementes de frutos.

5.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os valores médios de vingamento de frutos houve diferenças significativas entre as 30 subamostras estudadas a 1% de probabilidade, pelo teste F (Tabela 3). O valor do coeficientes de variação genética (CVg) para o caráter estudado foi de 36,997 enquanto o valor do coeficiente de variação ambiental (CVe) foi de 23,223. A herdabilidade no sentido amplo (h^2) foi de 88,39%, evidenciando uma boa possibilidade de ganho seletivo. Ferrão et al. (2008), afirmaram que as estimativas do CVg são muito importantes para a estrutura genética de populações, por expressar a quantidade de variação existente entre os genótipos.

Tabela 3. Quadrados médios (QM) da análise do experimento e parâmetros genéticos para o caractere de Vingamento de frutos (VF) de subamostras de híbridos de *Capsicum annuun* X *Capsicum chinense*. Manaus, Universidade Federal do Amazonas, 2014

FV	GL	QM	F
Subamostras	29	213,735341**	8,6142
Resíduo	60	24,812	
Media		21,45	
σ^2g		62,974	
CVg (%)		36,997	
CVe (%)		23,223	
h^2 (%)		88,391	
CVg/ CVe		1,593	

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Média: média dos dados; σ^2g : variância genética; CVg (%): coeficiente de variação genética; CVe (%): coeficiente de variação ambiental; h^2 : coeficiente de herdabilidade sentido amplo; CVg/CVe: índice “b”

Todos os acessos produziram frutos, a média geral foi de 21,45%, com mínimo de 5,9 % (P04 x CA) e máximo de 42,2 % (P23 x CA). A análise de variância demonstrou que não existe efeito significativo dos tratamentos no vingamento de frutos ($P > 0,01$) (Tabela 4), indicando que entre os acessos dos diferentes morfotipos avaliados nenhum apresentou barreira reprodutiva que impeça a obtenção de frutos e sementes. Os resultados diferem dos apresentados por Campos et al. (2005) na combinação híbrida entre *C. chinense* e *C. annuum*, as quais não produziram frutos ou nos frutos vingados não houve formação de sementes viáveis, resultado também observado por Pickersgill (1993). Porém os resultados apresentados ficam próximos aos encontrados por Costa et al. (2009) em hibridação entre *C. chinense* e *C. annuum*. Os autores obtiveram valores de vingamento de frutos que variaram de 8,88 a 40,0%

Os valores médios de vingamento de frutos observados no presente trabalho (5,9 a 42,2 %) são inferiores aos apresentados por Ribeiro e Melo (2005) que no cruzamento entre genótipos de *C. chinense* com *C. annuum* obtiveram taxa de pegamento de 73,5 a 100%, utilizando *C. chinense* como genitor feminino e de 87,5 a 91,5 % nos cruzamentos recíprocos. Souza (1987), também realizando hibridação interespecífica entre *C. chinense* e *C. annuum*, obtiveram taxas de vingamento de frutos de 20 a 92,31% usando *C. annuum* como genitor feminino e de 0 a 100,00% nos cruzamentos recíprocos. Hirose et al. (1960), citado por Saccardo e Ramulu (1977), realizaram cruzamentos entre *C. chinense* e *C. annuum* e obtiveram de 70 a 76% de vingamento de frutos, e de 7 a 14 sementes viáveis por fruto. De maneira geral, os trabalhos comprovam a viabilidade da hibridação interespecífica entre as espécies *C. annuum* e *C. chinense*, sendo as diferenças observadas devido a

diferenças genéticas das plantas utilizadas e nos procedimentos de realização dos cruzamentos.

Tabela 4. Porcentagem média de vingamento de frutos obtida a partir de 30 cruzamentos entre *Capsicum annuum* e *Capsicum chinense*. Universidade Federal do Amazonas, 2014

Híbrido	Frutos vingados (%)	
P23 X CA	42,2	a
P28 X CA	33,8	b
P08 X CA	32,5	b
P03 X CA	32,4	b
P06 X CA	31,1	b
P11 X CA	30,9	b
P29 X CA	28,0	c
P05 X CA	27,7	c
P01 X CA	25,5	c
P26 X CA	24,3	c
P13 X CA	23,9	c
P27 X CA	23,6	c
P30 X CA	23,5	c
P19 X CA	22,9	c
P14 X CA	21,7	d
P22 X CA	20,7	d
P21 X CA	18,8	d
P09 X CA	18,8	d
P20 X CA	18,4	d
P07 X CA	16,7	d
P17 X CA	16,4	d
P10 X CA	15,4	d
P02 X CA	15,4	d
P25 X CA	14,8	d
P12 X CA	14,7	d
P16 X CA	11,6	e
P24 X CA	11,6	e
P18 X CA	11,3	e
P15 X CA	8,8	e
P04 X CA	5,9	e

5.5. CONCLUSÕES

Não existem restrições à obtenção de híbridos a partir do cruzamento das subamostras de *C. chinense* com *C. annuum*, indicando que são compatíveis.

O cruzamento interespecífico entre *C. chinense* e *C. annuum* é viável, sendo possível a obtenção de frutos e sementes viáveis, embora os resultados variem dependendo do genótipo utilizado.

5.6. REFERÊNCIAS

ALLARD, R.W. **Princípios do melhoramento genético das plantas**. São Paulo, Edgar blucher, 1960. 381p.

BORÉM, A. **Melhoramento de Plantas**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2001. 500 p.

CAMPOS, K. P.; PEREIRA, T .N. S. ; COSTA, F. R.; SUDRÉ, C. P.; MONTEIRO, C. E. S.; RODRIGUES, R. Interspecific hybridization among cultivated germplasm in *Capsicum*. In: The 17th. International Pepper Conference, 2006, Naples - Florida. Annals of the 17th. International Pepper Conference. Naples - Florida : University of Florida, v. 1. p. 20-20. 2005.

COSTA, L.V.; LOPES, R.; LOPES, M.T.G.; FIGUEIREDO, A.F.F.; BARROS, W.S.; ALVES, S.R.M. Cross compatibility of domesticated hot pepper and cultivated sweet pepper. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**. v.9. p. 37-44, 2009.

CRUZ, C. D. **Programa Genes - Estatística Experimental e Matrizes**. 1. ed. Viçosa: Editora UFV, 2006. 285 p.

GEORGE, R.A.T. **Vegetable seed production**. London: CABI Publishing, 2.ed. 1999. 219p.

HEISER, C.B.Jr; SMITH, P.G. News species of *Capsicum* from South America. **Brittonia**. v. 10, p. 194-201. 1958.

HOGENBOOM, N.G. Incompatibility and incongruity: two different mechanisms for the non-functioning of intimate partner relationships. **Proceedings of the Royal Society of London**. v. 188, p. 361-175. 1975.

LANTERI, S.; PICKERSGILL, B. Chromosome structural changes in *Capsicum annuum* L. and *C. chinense* Jacq. **Euphytica**. v. 67, p. 155–160. 1993.

LIPPERT L.F.; SMITH, P.G.; BERGH, B.O. Cytogenetics of the vegetable crops. Gardens peppers, *Capsicum* sp. Botanical. **Review Capsicum**. v. 32, p. 24–55. 1966.

PICKERSGILL, B. **Some aspects of interespecific hybridization in *Capsicum***. In: Meeting of the Eucarpia *Capsicum* Working group, 4. Wageningen, Netherlands, 1980. 4p.

PRESTES, A.M.; GOULART, L.R. Transferência de resistência a doenças de espécies silvestres para espécies cultivadas. **RAPP**. v. 3, p. 315-363, 1995.

RAIJ, V.B.; CANTARELLA, H.; QUAGIO, J. A.; FURLANI, A. M.C. Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2 ed. rev. atual. Campinas, Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. 285p.

RIBEIRO, C.S.C.; MELO, R.A.C. Hibridação interespecífica entre *Capsicum annuum* e *Capsicum chinense* visando resistência à *Phytophthora capsici*. In: 45º Congresso Brasileiro de Olericultura, 2005, Fortaleza - CE. **Revista Horticultura Brasileira**. Brasília - DF, v. 23. p. 368. 2005.

RIBEIRO, M. N. G. Aspectos climatológicos de Manaus. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 6, p. 229-233, 1976.

SACCARDO, F.; RAMULU, K. Cytological investigation in the genus *Capsicum*. p. 51-66. 1977.

SIQUEIRA, W. J.; FONSECA, M. I. S.; SONDHAL, M. R. Regeneração De Plantas Híbridas Entre *Lycopersicon Esculentum* E *L. Peruvianum* A Partir De Calos Com Dois Anos De Cultura *In Vitro*. **Bragantia**. Campinas, v. 47, p. 1-8, 1988.

SUBRAMANYA, R. Transfer of genes for multiple flowers from *C. chinense* to *C. annuum*. **Hortscience**, v. 18, p. 747-49. 1983.

6. CAPÍTULO 3 – Estimativa de parâmetros genéticos de caracteres de germinação de sementes em *Capsicum chinense* (Jacq.).

RESUMO

O gênero *Capsicum* possui pimentas que são utilizadas para diferentes finalidades por muitas culturas no mundo. É encontrada no Brasil ampla variabilidade desse gênero sendo a Amazônia um dos maiores centros de diversidade, existindo uma ampla variabilidade genética expressa em diversas características de plantas, flores e frutos. Informações sobre a diversidade em coleções de germoplasma servem para aumentar a eficiência de trabalhos de melhoramento. Por meio da germinação de sementes é possível expor diferenças existentes entre os acessos, permitindo que essas informações sejam organizadas e disponibilizadas em programas de melhoramento. Para analisar a variabilidade genética dos caracteres de : germinação e vigor de sementes de germoplasma *Capsicum chinense*, foram realizados dois experimentos no laboratório de sementes na Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Amazonas/UFAM. O objetivo desse trabalho foi avaliar os parâmetros genéticos de germinação de 30 subamostras coletadas no Amazonas. Foram analisadas as seguintes características: PG07 (Porcentagem de Germinação aos 07 dias), PG14 (Porcentagem de Germinação aos 14 dias), IVG (Índice de Velocidade Germinação), TMG (Tempo Médio de Germinação) e PS (Peso de Sementes). Foi realizada a análise individual e conjunta dos dados, com efeito significativo ($P < 0,01$) indicando variabilidade nas subamostras, para herdabilidade no sentido amplo todos os caracteres apresentaram-se acima de 70% evidenciando uma boa possibilidade de ganho seletivo, para a relação CVg/CVe somente TMG foi menor que 1, para correlação os valores foram superiores a 0,50 para a maioria das combinações ficando apenas IVE x PS com 0,25. As subamostras apresentaram alta variabilidade genética para características da germinação de sementes sendo possível estimar a variabilidade dos genótipos de *Capsicum chinense* através de do vigor e germinação e dependendo do morfotipo pode-se selecionar indivíduos superiores através das características de germinação de sementes.

Palavras-chave: *Capsicum chinense*, germinação, variabilidade

6. CHAPTER 3 – Estimation of genetic parameters for seed germination characters in *Capsicum chinense* (Jacq.).

ABSTRACT

The *Capsicum* genus has peppers that are used in different ways by many cultures in the world. It is found in Brazil wide variability of this genus are the Amazon one of the largest centers of diversity, there is a large genetic variability expressed on various characteristics of plants, flowers and fruits . Information about diversity in germplasm collections serve to increase the efficiency of breeding work, through seed germination is possible to expose these differences between the existing access to this information to be organized and made available in breeding programs . For the selection and identification of genetic variability *Capsicum chinense* an experiment was conducted in the seed laboratory in the Faculty of Agricultural Sciences, Federal University of Amazonas/UFAM The aim of this study was to evaluate the genetic parameters of germination of 30 progenies listed on Amazon. Were analyzed , the GP07 (Germination Percentage at 07 days), GP 14 (Germination Percentage at 14 days) , IVG (Germination Speed Index) , TMG (Eastern Time Germination) and PS (weight of seeds) characteristics was calculated individual and combined data analysis, a significant effect ($P < 0.01$) indicating variability in the progenies , in the broad sense heritability for all traits were above 70 % indicating a good possibility of selective gain for the relationship CVg/CVe only TMG was less than 1, for correlation values were greater than 0.50 for most combinations just getting IVE x PS 0.25 . The progenies showed high genetic variability for traits of seed germination is possible to estimate the variability of the genotypes of *Capsicum chinense* by the vigor and germination and depend on the morphotype can select superior individuals by the features of seed germination.

Keywords: *Capsicum chinense*, germination, variability.

6.1. INTRODUÇÃO

O estudo da variabilidade e das relações genéticas para os caracteres relacionados à qualidade fisiológica visa dar suporte a estratégias de seleção para melhoria da qualidade fisiológica de sementes.

A qualidade da semente é um dos principais fatores de sucesso de uma cultura agrícola propagada por semente, como a pimenteira. A alta qualidade da semente resulta em maior uniformidade de emergência e vigor das plântulas além de maior produtividade final, constituindo portanto, um fator básico para o sucesso de uma horta ou lavoura.

A germinação de sementes no ponto de vista agrônomico é definida como emergência e o desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, manifestando a sua capacidade para dar origem a uma planta normal, sob condições favoráveis (RIBEIRO et al., 2008).

A temperatura mais adequada para a germinação de sementes de pimenta varia entre os diferentes tipos. Sob condições de alta temperatura, a taxa de germinação é mais rápida e superior. Temperaturas entre 15°C e 20°C reduzem a germinação de sementes da maioria das cultivares, enquanto temperaturas de 25°C proporcionam melhor germinação das cultivares e temperaturas de 30°C proporcionam melhor germinação das pimentas malaguetas e de cheiro.

Os fatores que afetam a germinação das sementes são: genótipo das plantas, condições climáticas predominantes durante a maturação, grau de injúrias mecânicas, condições ambientais de armazenamento, sementes atacadas por

microrganismos e insetos, densidade e tamanho das sementes, idade das sementes, disponibilidade de água e temperatura (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

O principal atributo da qualidade a ser considerado é a capacidade germinativa das sementes, pois sem ela a semente não tem valor para a semeadura (FIGLIOLIA et al., 1993). O vigor e a velocidade de emergência em pimentas malaguetas (*C. frutescens* L.), geralmente, são menores do que em outros tipos de pimenta (RIVAS et al., 1984; EDWARDS e SUNDSTROM, 1987).

O teste de germinação é realizado em condições controladas, favorecendo assim uma germinação mais regular, rápida e completa. A germinação de uma semente é a emergência e o desenvolvimento das plântulas a um estágio em que o aspecto das suas estruturas essenciais indica a maior ou menor possibilidade de se desenvolver em uma planta satisfatória sob condições favoráveis no solo. O vigor irá indicar a proporção do número de sementes que produzirão plântulas normais sob condições controladas e dentro do período padronizado.

6.1.1. Parâmetros Genéticos

Parâmetros genéticos como herdabilidade, correlação genética e fenotípica além de ganhos com a seleção, quando estimados, são importantes parâmetros para programas de melhoramento genético. A avaliação de tais parâmetros genéticos e fenotípicos possibilita a escolha de métodos e caracteres que serão utilizados nas etapas iniciais e avançadas de programas de melhoramento,

permitindo ainda, pesquisar mecanismos, valores genéticos e variabilidade de um caráter (CILAS et al., 1998; COIMBRA et al., 1999; GRAVINA et al., 2004).

No entanto, características como germinação de sementes e emergência de plântulas de pimentas, são pouco estudadas quantitativamente. Cruz (2005) relatou que valor baseado nas médias e nas variâncias possibilita obter estimativas de parâmetros genéticos para análise da potencialidade de populações para fins de melhoramento, como ainda, estabelecer estratégias eficazes de seleção.

As estimativas da herdabilidade são importantes por terem relação com a seleção e quanto maior o valor estimado desse parâmetro, maior será a chance de sucesso com a seleção (STRICKBERGER, 1985; GRAVOIS e BERNHARDT, 2000). A herdabilidade é a proporção genética da variabilidade total, ou seja, a proporção da variância genética total na variância fenotípica (BORÉM e MIRANDA, 2009).

Cada espécie e variedade têm seus requisitos para a germinação, que são determinados por fatores genéticos e pelas condições em que se formou a semente. Dada a importância da variabilidade existente entre as diferentes espécies e cultivares de pimenta, torna-se necessário o estudo da germinação e o vigor de diferentes cultivares de pimenta.

6.2. OBJETIVO

Analisar a variabilidade genética para os caracteres: germinação e vigor de sementes de germoplasma de *Capsicum chinense*.

6.3. MATERIAIS E MÉTODOS

6.3.1. Geminação e Vigor de Sementes

O trabalho de germinação foi conduzido no Laboratório de Sementes I do Departamento de Produção Animal e Vegetal da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Amazonas, Manaus/AM. Foram avaliados 30 subamostras de germoplasma de *Capisum Chinense* da FCA/UFAM. As mudas foram obtidas de agosto a novembro de 2011 e as sementes foram coletadas nos meses de janeiro a abril de 2012 mediante multiplicação do germoplasma a campo (Figura 8).



Figura 8. Identificação de subamostras com fita colorida (A) e proteção de botão das subamostras (B).

A qualidade inicial das sementes foi avaliada por dois experimentos em diferentes épocas utilizando 30 subamostras de *C. chinense* em quatro repetições. A parcela experimental foi constituída de 25 sementes, num total de 100 sementes por progênie. Antes de serem submetidas à germinação as sementes foram inicialmente tratadas com o fungicida Thiophanate Methyl grupo Benzimidazoles (0,5g/500 ml de

água durante 3 minutos). (Figura 9).

As sementes foram dispostas em caixa plásticas “gerbox” sobre 2 (duas) folhas de papel germitest umedecidas com água destilada. As caixas plásticas foram mantidas em câmara de germinação do tipo B.O.D. (*Biochemical Oxygen Demand*) em temperatura média de 28°C, sendo as avaliações realizadas da germinação aos 7 e 14 dias após o início do experimento. Aos sete dias após as sementes terem sido submetidas à germinação foi avaliada o vigor das sementes e, aos 14 dias, à germinação propriamente dita. Foram consideradas germinadas as sementes que conseguiram formar plântulas normais conforme as Regras para Análise de Sementes - RAS (BRASIL, 2009).

6.3.2 Características avaliadas

Para avaliar os parâmetros genéticos na germinação de semente, foram utilizados os seguintes testes:

Porcentagem de Germinação (PG) - A contagem das plântulas foi realizada, em intervalos de um dia do 01º ao 14º dia após a semeadura. Foram consideradas germinadas as sementes que conseguiram formar plântulas normais que são caracterizadas por apresentar todas as estruturas essenciais completas, sadias e proporcionais ou danificações que não comprometam seu desenvolvimento; essas plântulas têm potencial para continuar seu desenvolvimento e dar origem a plantas sob condições favoráveis de campo conforme as Regras para Análise de Sementes - RAS (BRASIL, 2009).

Contagem da Germinação – foi realizada uma primeira contagem de germinação aos 07 dias após a sementeira (PG07), e uma contagem final de germinação aos 14 dias após a sementeira (PG14), quando se verificou uniformidade de germinação em todos os tratamentos. Para o cálculo de germinação (G) utilizou-se a equação $G = (N/100) \times 100$ em que N = número de sementes germinadas para 07 e 14 dias respectivamente. Unidade: %

Índice de Velocidade de Emergência (IVE) - efetuando contagem de emergência das plântulas diariamente após o início da sementeira, e à porcentagem final de emergência, tendo sido realizadas contagens até 15 dias após a sementeira. Para o cálculo de IVE, utilizou-se a equação $IVE = E1/N1 + E2/N2 + \dots + En/Nn$, em que E1, E2...En representam o número de plântulas emergidas, computadas na primeira, segunda,..., última contagem, e N1, N2, ...Nn representam o número de dias da sementeira à primeira, segunda..., última contagem (NAKAGAWA, 1994). Unidade: Adimensional.

Tempo Médio de Germinação (TMG) - contagens do número de sementes germinadas diariamente após o início da sementeira, e o tempo de germinação, tendo sido realizadas contagens até 14 dias após a sementeira. Para o cálculo de TMG, utilizou-se a equação $TMG = (\sum n_i t_i) / \sum n_i$, em que n_i = representa o número de sementes germinadas por dia; t_i = representa o tempo de incubação; i = número de dias da sementeira à última contagem. Unidade: dias.

Peso de Sementes (PS) – foi realizada a contagem do número de 100 sementes para todas as subamostras e o peso foi medido por balança analítica de precisão de 0,01g. Para o cálculo de PS, utilizou-se o peso quatro amostra de 25 sementes totalizando 100 sementes. Unidade: gramas.

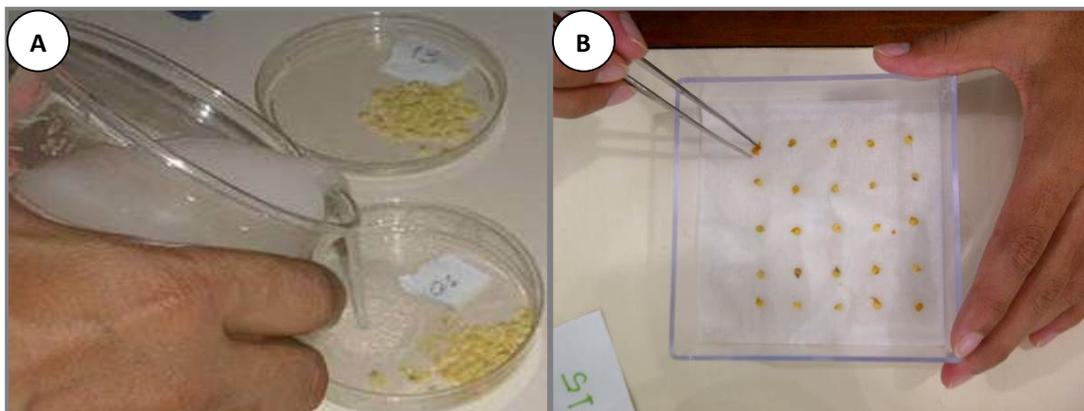


Figura 9. Tratamento de sementes com o fungicida CERCOPIN (A) e disposição das sementes em gerbox para germinação (B).

6.3.2 Análise Estatística

Análises de variância

As análises de variância foram realizadas com auxílio do aplicativo computacional em genética e estatística, Programa Genes, versão 2009, 7.0, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa – UFV (CRUZ, 2006).

Dados de porcentagem para fins de análise estatística não foram transformados para nenhuma expressão.

Análise de variância individual

As análises estatísticas para os caracteres estudados foram realizadas no delineamento inteiramente casualizado, conforme o modelo estatístico a seguir:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + \varepsilon_{ij}$$

em que:

Y_{ij} = valor observado do i-ésimo tratamento, na j-ésimo repetição;

μ = média geral do ensaio;

G_i = efeito do i-ésimo tratamento ($i = 1, 2, \dots, g$), com $g=25$; sendo $G_i \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$;

ε_{ij} = erro aleatório associado à observação Y_{ij} , sendo $\varepsilon_{ij} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$.

O esquema de análise de variância individual encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1. Esquema de análise de variância individual.

Fonte de variação	GL	QM	E(QM)	F
Tratamentos	$(g - 1)$	QMS	$\sigma_e^2 + r\sigma_g^2$	QMT/QMR
Resíduo	$g(r - 1)$	QMR	σ_e^2	

Onde:

σ_e^2 = variância do erro experimental entre parcelas;

σ_g^2 = variância genética entre subamostras;

r = número de repetições;

g = número de subamostras.

Análise de variância conjunta

A análise conjunta para os dois experimentos foi realizada conforme o modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + A_j + GA_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

em que

Y_{ijk} = valor observado do i-ésimo tratamento, no j-ésimo ambiente e na k-

ésima repetição;

μ = média geral dos ensaios;

G_i = efeito do i-ésimo tratamento ($i = 1, 2, \dots, g$); sendo $G_i \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$;

A_j = efeito do j-ésimo ambiente ($j = 1, 2, \dots, a$); sendo $A_j \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$;

GA_{ij} = efeito da interação do i-ésimo tratamento com o j-ésimo ambiente;

sendo $GA_{ij} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$; e

ε_{ijk} = erro aleatório associado a observação Y_{ijk} ; sendo $\varepsilon_{ijk} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$.

No referido modelo todos os efeitos foram considerados aleatórios. O esquema da análise de variância conjunta encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2. Esquema da análise de variância conjunta para os g tratamentos nos a ambientes (época de semeadura).

Fonte de Variação	GL	QM	E(QM)	F
Ambiente (A)	(a-1)	QMA	$\sigma_e^2 + g\sigma_{r/a}^2 + g\sigma_a^2$	QMA/QMB
Tratamentos (T)	(g-1)	QMS	$\sigma_e^2 + r\sigma_{ga}^2$	QMS/QMTxA

T x A	(g-1)(a-1)	QMSxA	$\sigma_e^2 + r\sigma_{ga}^2$	QMPxA/QMR
Resíduo	a(r-1)(g-1)	QMR	σ_e^2	

Onde:

σ_e^2 = variância do erro experimental entre parcelas;

σ_a^2 = variância genética entre ambientes (época de semeadura);

σ_g^2 = variância genética entre subamostras;

σ_{ga}^2 = variância genética da interação subamostras x (época de semeadura);

r = número de repetições;

g = número de subamostras;

a = número de ambientes (experimentos);

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância e covariância utilizando-se o aplicativo GENES (CRUZ, 2006).

Sendo estimados os parâmetros:

- ✓ Variância fenotípica entre médias de subamostras: $\sigma_f^2 = (QMP/r)$;
- ✓ Variância genotípica entre médias de subamostras: $\sigma_g^2 = (QMP/QMR)/r$;
- ✓ Variância ambiental média: $\sigma_a^2 = (QMR/r)$;

✓ Herdabilidade no sentido amplo baseada na média das subamostras:

$$h_a^2 = \sigma_g^2 / \sigma_f^2 ;$$

Coefficiente de variação genética: onde corresponde à média geral do carácter.

✓ Correlações genéticas: $rg_{xy} = PMS_{xy} / \sqrt{\sigma_x^2 \times \sigma_y^2}$;

✓ Correlações fenotípicas $rf_{xy} = PMS_{xy} / \sqrt{QMS_X \times QMS_Y}$;

✓ Correlações ambientais: $ra_{xy} = PMR_{xy} / \sqrt{QMR_X \times QMR_Y}$;

✓ Ganho por seleção: $GS = Ds \times h^2$: onde $Ds = Ys - Yo$; em que

- Ds: corresponde ao diferencial de seleção entre subamostras de germoplasma de pimenta;
 - Ys: média de subamostras selecionadas e
 - Yo: média da população base

Comparação entre médias

As médias foram comparadas por meio do teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade.

6.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferenças significativas entre as 30 subamostras estudadas nos dois períodos de avaliação, a 1% de probabilidade, pelo teste F (Tabelas 5 e 6), para todos os caracteres em estudo. Foi realizada análise de variância conjunta uma vez que a razão entre o maior e o menor quadrado médio do resíduo nas análises individuais para cada caráter estudado foi menor que sete (7,0), o que, segundo Pimentel-Gomes (1991), permite a realização da análise conjunta.

Tabela 5. Parâmetros genéticos para os caracteres de Porcentagem de Germinação (PG) aos 07 e aos 14 dias, Índice de Velocidade de Emergência (IVE), Tempo Médio de Germinação (TMG) e Peso de Sementes (PS) de subamostras de *Capsicum chinense* do experimento um (1) com semeio em 22/05/2012. Manaus, Universidade Federal do Amazonas, 2014.

FV	GL	QM				
		PG07	PG14	IVE	TMG	PS
Subamostras	29	14,093**	15,119**	162,495**	1,218**	0,00154**
Resíduo	90	2,282	1,006	10,236	0,699	0,000057
Media		4,998	7,052	10,558	10,535	0,0675
σ^2_g		2,952	3,528	38,065	57,135	0,00038
CVg (%)		34,379	26,637	58,434	35,591	28,688
CVe %		30,224	14,082	30,302	7,937	11,154
h^2 (%)		83,808	77,807	93,700	91,841	96,358
CVg/CVe		1,137	1,872	1,928	1,677	2,572

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Média: média dos dados transformados; σ^2_g : variância genética; CVg (%): coeficiente de variação genética; CVe (%): coeficiente de variação ambiental; h^2 : coeficiente de herdabilidade no sentido amplo; CVg/CVe: índice “b”.

Tabela 6. Parâmetros genéticos para os caracteres de Porcentagem de Germinação (PG) aos 07 e aos 14 dias, Índice de Velocidade de Emergência (IVE), Tempo Médio de Germinação (TMG) e Peso de Sementes (PS) de subamostras de *Capsicum chinense* do experimento dois (2) com semeio em 19/02/2013. Manaus, Universidade Federal do Amazonas, 2014.

FV	GL	QM				
		PG07	PG14	IVE	TMG	PS
Subamostras	29	18,455**	15,241**	138,139**	2,909**	0,00136**
Resíduo	90	1,379	1,311	7,220	0,291	0,000049
Media		3,546	7,296	10,091	10,838	0,0676
σ^2g		4,269	3,483	32,729	0,655	0,00033
CVg (%)		58,272	25,578	56,693	7,465	26,793
CVe%		33,130	15,692	26,628	4,976	10,339
h ² (%)		75,573	72,656	94,773	90,000	87,038
CVg/ CVe		1,759	1,630	2,129	1,500	2,591

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Média: média dos dados transformados; σ^2g : variância genética; CVg (%): coeficiente de variação genética; CVe (%): coeficiente de variação ambiental; h²: coeficiente de herdabilidade sentido amplo; CVg/CVe: índice “b”.

Nas análises de variância individual e conjunta dos experimentos para PG, IVE, TMG e PS, observou-se efeito significativo ($P < 0,01$) dos tratamentos, indicando que as subamostras possuem variabilidade genética para os caracteres em estudo (Tabelas 5, 6 e 7). Na análise conjunta verificou-se efeito significativo da porcentagem de germinação aos 07 e 14 dias, decorrente de alterações nas médias das subamostras do primeiro e do segundo experimento. Também foi verificado efeito significativo para a interação genótipo x ambiente, indicando resposta diferencial das subamostras em função da época de contagem.

Essa interação é evidenciada devido ao período de germinação não apresentar-se homogêneo para os diferentes momentos. Caracteres de germinação de sementes podem mudar de acordo com a época de semeadura (PEREIRA et al.,

2000; OLIVEIRA et al., 2013) fator que deve ser considerado no planejamento de produção de sementes.

As estimativas dos componentes de herdabilidade para quase todos os caracteres avaliados apresentaram valores superiores a 70% tornando-se uma estimativa importante uma vez que vale ressaltar que a herdabilidade é uma propriedade do caráter, sendo válida apenas para a população e as condições ambientais a que os indivíduos foram submetidos (RAMALHO et al., 1993; CRUZ e REGAZZI, 1997).

Tabela 7. Parâmetros genéticos para os caracteres de Porcentagem de Germinação (PG) aos 07 e aos 14 dias, Índice de Velocidade de Emergência (IVE), Tempo Médio de Germinação (TMG) e Peso de Sementes (PS) de subamostras de *Capsicum chinense* dos experimentos um (1) e dois (2). Manaus, Universidade Federal do Amazonas, 2014.

FV	GL	QM				
		PG07	PG14	IVE	TMG	PS
Subamostras	29	26,687**	27,655**	283,766**	3,152**	0,00269**
Ambiente	1	126,600 ^{ns}	3,588 ^{ns}	13,092 ^{ns}	5,486 ^{ns}	0,000 ^{ns}
Suba. x Amb	29	5,861**	2,705**	16,866**	0,975**	0,00001 ^{ns}
Resíduo	174	1,688	1,155	8,451	0,459	0,0005
Media		4,272	7,174	10,325	10,687	0,0677
σ^2g		2,603	3,119	33,362	0,272	0,00033
CVg (%)		37,769	24,617	55,944	4,882	27,011
CVe%		30,415	14,984	28,156	6,341	10,386
h ² (%)		78,038	90,217	94,056	69,070	99,568
CVg/ CVe		1,241	1,643	1,987	0,769	2,601

* Significativo e ^{ns} não significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Média: média dos dados transformados; σ^2g : variância genética; CVg (%): coeficiente de variação genética; CVe (%): coeficiente de variação ambiental; h²: coeficiente de herdabilidade sentido amplo; CVg/CVe: índice "b".

Os valores dos coeficientes de variação genética (CVg) para os caracteres estudados variaram de 7,465 a 58,434, enquanto os valores dos coeficientes de variação ambiental (CVe) variaram de 4,976 a 33,130. Entretanto, os valores dos coeficientes de variação ambiental só foram mais baixo para o caractere TMG (Tabelas 5 e 6), o que denota controle ambiental, eficiência no desenho experimental e alta variabilidade genética nas subamostras em estudo. Ferrão et al. (2008), afirmam que as estimativas do CVg são muito importantes para a estrutura genética de populações, por expressar a quantidade de variação existente entre os genótipos.

Os maiores coeficientes de variação foram obtidos para o caracter PG07. Para os demais caracteres, os valores obtidos foram baixos (Tabelas 5, 6 e 7). Considerando-se a experimentação, estes valores indicam boa precisão experimental, que se traduz em confiabilidade nos resultados apresentados. Tais coeficientes só foram possíveis devido a perceptível variação na germinação dos tratamentos.

Para as características PG07, PG14, IVE e PS, as variâncias estimadas foram comparativamente divergentes, justificadas pela alta variabilidade destas características entre as subamostras envolvidas. Nestas características, o componente aditivo de variação foi sempre superior ao das demais características avaliadas, Silva-Lobo et al., (2005) trabalhando com tomateiro encontraram valores de variância fenotípicas genotípicas e ambientais inferiores a 1 (um) que segundo eles se da ao fato da falta de divergência entre as famílias avaliadas.

Os valores de herdabilidade no sentido amplo (h^2) foram altos para todos os caracteres estando todos acima de 70% (Tabela 4, 5 e 6), evidenciando uma boa possibilidade de ganho seletivo, pois quanto maior for à herdabilidade, menos afetada pelas condições ambientais será a característica. Valores de herdabilidade relativamente elevados para outras características haviam sido reportados anteriormente por Lima et al. (2006), que relataram valores de herdabilidade da ordem de 41,8% a 96,7% respectivamente para peso total de frutos e peso médio de frutos.

Em estudos conduzidos por, Blat (2004) constataram valores de herdabilidade que variaram de 51,6% a 80,8% em subamostras oriundas cruzamentos entre *Capsicum*. Valores de herdabilidade encontrados no presente estudo com aqueles reportados por Blat (2004) e Lima (2006) podem ser atribuídas à utilização de populações com diferentes bases genéticas.

Quanto à relação CV_g/CV_e (Tabela 5, 6 e 7) foram encontrados valores menores que a unidade mínima um (1,0) somente para TMG, evidenciando que a adoção exclusiva de métodos simples de melhoramento, como seleção massal, apresentará ganhos consideráveis, não necessitando para a espécie o emprego de unidades de seleção estruturadas como, por exemplo, famílias. Segundo Vencovsky (1987), existe uma situação muito favorável para a obtenção de ganhos na seleção quando a relação CV_g/CV_e tende a um (1,0) ou maior que 1,0, na medida em que, nesses casos, a variação genética supera a variação ambiental. O maior valor da relação CV_g/CV_e (2,601) foi observado para peso de sementes (PS) indicando que seleção para este caráter apresenta as condições mais favoráveis em termos de

ganhos genéticos imediatos. Porém as demais características PG07, PG14, IVE também apresentam tais condições.

Foram calculadas ainda as correlações fenotípica, genotípica e ambiental para todos os caracteres avaliados (Tabela 8). A mencionada magnitude do valor de correlação genotípica positiva entre PG07 com PG14, IVE e PS, respectivamente de 0,89, 0,96 e 0,52, para a correlação entre PG14 com IVE e PS, respectivamente de 0,96 e 0,65, para IVE com PS, foi de 0,25, foram muito próximas aos valores encontrados por Miranda et al., (1988) para caracteres de produtividade em *Capsicum*. Alves (2010) também encontrou valores superiores a 0,50, avaliando valores de correlação em caracteres de sementes e produção de pimenta, verificou a ocorrência de coeficientes de correlação genotípica alta e positiva entre porcentagem de germinação de semente em todos os caracteres avaliados.

Tabela 8. Matriz de correlações fenotípicas (rF), genotípicas (rG) e ambientais (rA) entre caracteres de germinação de sementes de pimenta de 30 subamostras para os caracteres de Porcentagem de Germinação (PG) aos 07 e aos 14 dias, Índice de Velocidade de Emergência (IVE), Tempo Médio de Germinação (TMG) e Peso de Sementes (PS) de subamostras de *Capsicum chinense*. Manaus, Universidade Federal do Amazonas, 2014.

Caracteres	R	PG14	IVE	TMG	PS
PG07	F	0,84**	0,95**	-0,75**	0,49**
	G	0,89	0,96	-0,79	0,52
	A	0,34	0,82	-0,53	0,08
PG14	F		0,94**	-0,64**	0,63**
	G		0,96	-0,71	0,65
	A		0,59	-0,14	0,04
IVE	F			-0,76**	0,52**
	G			-0,80	0,54
	A			-0,56	0,05

	F	-0,22
TMG	G	-0,25
	A	-0,01

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t.

Para Bueno et al. (2006), as correlações genotípicas indicam que, ao selecionar um caráter, ocorrerão ganhos genéticos simultâneos nos outros correlacionados. Deste modo verifica-se que ao selecionar para a característica IVE, todos os demais: PG07(0,95), PG14(0,94), TMG(0,76) e PS(0,52), apresentaram ganhos satisfatórios uma vez que seus valores de correlação são superiores a 0,50. Dessa forma, selecionar subamostras superiores com relação a um conjunto de características favoráveis de desempenho das sementes é de importância para novas cultivares a serem lançadas, pois disso depende o desempenho do lote no campo e armazenamento e, por conseguinte, a aceitação da cultivar pelo mercado agrícola (MARTINS et al., 2012).

Havendo interação genótipo x ambiente foi realizado o teste de Scott-Knott para as médias dos tratamentos em cada experimento e a seleção foi realizada considerando as análises conjuntas (Tabela 9). Para porcentagem de germinação aos 07 dias PG07, das 30 subamostras avaliadas no experimento todas apresentaram germinação, apenas seis foram superiores estatisticamente, as subamostras P26, P13, P30, P14, P09 e P01, apresentaram valores de 55, 54, 54, 48, 48 e 49% respectivamente, com todos acima de 40% de germinação. As demais subamostras alcançaram valores que variaram de 1 a 38% de germinação. Tal resultado demonstra que mesmo com baixo índice de germinação aos sete dias todas as subamostras germinaram.

Ao atingirem a maturidade fisiológica, as sementes possuem condições ideais para apresentarem o máximo poder germinativo e máximo vigor (PIÑA-RODRIGUES e AGUIAR, 1993). A relação entre maturidade fisiológica e resultados superiores de germinação e vigor são descritas em várias espécies, *Tibouchina granulosa* (LOPES et al., 2005); *Capsicum annuum* (VIDIGAL et al., 2008; 2009); *Eugenia uniflora* (ÁVILA et al., 2009); *Erythrina crista-galli* (LAZAROTTO et al., 2011) e *Capsicum frutescens* (MENGARDA E LOPES 2012).

Para porcentagem de germinação aos 14 dias foram identificadas nove subamostras superiores P26, P30, P13, P09, P04, P28, P14, P01 e P27 demonstraram valores de 95, 89, 87, 85, 77, 76, 75, 74 e 73% respectivamente, apresentando valores de germinação superiores a 70%. Para as demais subamostras os valores variaram de 5 a 69% de germinação.

Na Tabela 9 estão demonstrados análise de medias pelo teste Scott Kontt, onde das trinta subamostras, é possível observar de todas as características avaliadas que para as características PG07, PG14 e IVG a subamostra P26 apresentou-se com os maiores valores, e para TMG e PS as subamostras P21 e P30 demonstraram maiores valores respectivamente, e que dentro das subamostras avaliadas existe variabilidade.

Tabela 9. Resultado do agrupamento realizado pelo teste Scott Knott nas médias para as características: Porcentagem de Germinação (PG) aos 07 e aos 14 dias, Índice de Velocidade de Emergência (IVE), Tempo Médio de Germinação (TMG) e Peso de Sementes (PS) de subamostras de *Capsicum chinense*. Manaus, Universidade Federal do Amazonas, 2014.

PG07			PG14			IVE			TMG			PS		
Suba.	Média		Suba.	Média										
P26	55	a	P26	95	a	P26	20,61	a	P21	12,30	A	P30	0,1121	a
P13	54	a	P30	89	a	P01	19,26	a	P25	12,09	A	P29	0,0913	a
P30	54	a	P13	87	a	P13	18,97	a	P29	11,69	A	P13	0,0903	a
P14	48	a	P09	85	a	P14	17,07	b	P10	11,57	A	P28	0,0894	a
P09	48	a	P04	77	a	P30	16,99	b	P16	11,51	A	P27	0,0855	a
P01	49	a	P28	76	a	P02	16,79	b	P08	11,29	A	P04	0,0848	a
P04	38	b	P14	75	a	P20	16,48	b	P28	11,07	A	P06	0,0845	a
P27	34	b	P01	74	a	P09	15,62	b	P23	10,91	B	P18	0,0818	a
P07	35	b	P27	73	a	P04	14,80	b	P05	10,85	B	P14	0,0809	a
P03	27	b	P06	69	b	P24	14,27	b	P18	10,83	B	P26	0,0740	a
P06	32	b	P07	67	b	P05	13,14	c	P11	10,70	B	P12	0,0734	a
P24	24	c	P02	69	b	P27	11,45	c	P15	10,69	B	P24	0,0713	a
P19	20	c	P24	62	b	P19	11,27	c	P12	10,63	B	P10	0,0709	a
P12	22	c	P12	60	b	P03	11,25	c	P20	10,62	B	P19	0,0693	a
P15	17	c	P29	64	b	P28	10,84	c	P24	10,54	B	P11	0,0685	a
P18	14	c	P05	58	b	P06	10,83	c	P27	10,45	B	P23	0,0661	a
P05	14	c	P15	57	b	P18	9,69	c	P06	10,44	B	P01	0,0644	a
P02	20	c	P03	55	b	P15	9,67	c	P07	10,38	B	P16	0,0641	a
P22	12	c	P20	53	b	P12	9,38	c	P02	10,33	B	P05	0,0633	a
P17	12	c	P16	48	b	P29	6,93	d	P17	10,33	B	P09	0,0624	a
P11	11	c	P19	41	c	P07	6,29	d	P19	10,31	B	P20	0,0609	a
P28	15	c	P10	39	c	P16	5,02	d	P22	10,29	B	P15	0,0563	a
P20	10	c	P18	41	c	P22	5,01	d	P04	10,27	B	P21	0,0556	a
P29	14	d	P11	32	c	P23	4,49	d	P30	10,24	B	P03	0,0535	a
P23	8	d	P23	32	c	P11	4,31	d	P09	10,19	B	P07	0,0530	a
P10	10	d	P08	30	c	P17	4,26	d	P03	10,19	B	P02	0,0529	a
P08	12	d	P22	25	c	P08	1,89	e	P26	10,08	B	P22	0,0445	a
P16	5	d	P17	24	c	P25	1,77	e	P13	10,05	B	P25	0,0414	a
P21	1	e	P25	11	d	P10	1,29	e	P01	9,87	B	P17	0,0401	a
P25	1	e	P21	5	d	P21	0,08	e	P14	9,86	B	P08	0,0248	a

**Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 1% de probabilidade.

Entre as sementes das subamostras avaliadas, a PG07 variou de 1% (P21 e 25) a 54% (P26), e para PG14 a amplitude de variação foi de 5% (P21) a 95% (P26), sendo as subamostras de valores extremos obtidos a partir do morfotipo pimenta-de-cheiro. Souza (1987), analisando a germinação de genótipos e híbridos entre *C. chinense* e *C. annuum*, relatou variação de germinação de 73% a 97% nas subamostras e de 2 a 96% nos híbridos. Das 30 subamostras avaliadas, todas germinaram sementes, no entanto, a porcentagem de germinação diferiu estatisticamente, apresentando diferenças entre as subamostras avaliadas. Estes resultados demonstram que embora todas sejam da mesma espécie há ocorrência de variabilidade. Recomenda-se o uso de subamostras superiores para cada época de avaliação.

Para o Índice de Velocidade de Emergência das 30 subamostras avaliadas no experimento, quatro foram inferiores estatisticamente, as subamostras: P08 (1,89), P25 (1,77), P10 (1,29) e P21 (0,08). Três subamostras se destacaram para IVE a P26 (20,61), P01 (19,26) e P13 (18,97). Assim, sementes que germinam mais rapidamente em condições favoráveis produzem mudas vigorosas (GINWAL e GERA, 2000), da mesma forma se recomenda o uso de subamostras superiores pelo desempenho também em IVE. Se for objetivada a produção de mudas e não houver interesse em fazer seleção em outros ciclos, a característica IVE poderia ser usada desde que a presente a herdabilidade alta, como as duas épocas de avaliação do experimento.

Para o Tempo Médio de Germinação das 30 subamostras avaliadas, apenas duas apresentaram períodos médios de germinação inferiores há 10 dias - P14 (9,86 dias) e P01 (9,87 dias), as demais oscilaram entre 10,05 dias (P13) a 12,30 dias (P21) dias para germinarem, sendo muito parecidos aos resultados de Pereira et al. (2008), em seu trabalho com *C. chinense* obtiveram valores de 10,41 a 10,85 dias, Monteiro et al. (2008), observaram variações de 7,92 a 12,72 dias de tempo germinação e Mengarda e Lopes (2012) com 7,69 a 11,15 dias. Fialho et al. (2010), avaliando a germinação de *Capsicum* apresentaram valores de tempo entre 5,0 a 14,1 dias a 15°C de temperatura e 3,1 a 8,7 dias para 25°C.

Para a característica peso de sementes não houve diferença significativa entre as subamostras, porém as maiores medias foram observadas na progênie P30 (0,1121g) e a menor foi da progênie P08 (0,0248g). As demais apresentaram valores entre 0,04401 e 0,0913g. Vale ressaltar que o peso apresentado é de uma amostra media de 25 sementes, logo para o maior valor o peso médio de 1000 sementes é de 4,48g e a menor 0,99g. Mengarda e Lopes (2012) estudando *Capsicum frutescens* encontraram uma variação de 1,97 a 3,12g.

6.5. CONCLUSÃO

Existe variabilidade dos genótipos de *Capsicum chinense* em vigor e germinação de sementes para seleção de genótipos superiores.

6.6. REFERÊNCIAS

ALVES, S. R. M. Caracterização e Avaliação de Genótipos de Pimenta-de-cheiro (*Capsicum chinense* Jacq.). 2009. 74 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia Tropical). Manaus: UFAM.

ÁVILA, A.L.; ARGENTA, M.S.; MUNIZ, M.F.B.; POLETO, I.; BLUME, E. Maturação fisiológica e coleta de sementes de *Eugenia uniflora* L. (Pitanga), Santa Maria, RS. **Ciência Florestal**, v. 19, n. 1, p. 61-68, 2009.

BLAT, S. F.; COSTA, C. P.; VENCovsky, R.; SALA, F. C. Hot pepper (*Capsicum chinense*, Jacq.) inheritance of reaction to powdery mildew. **Scientia agrícola** (Piracicaba, Brasil.), Piracicaba, v. 63, n. 5, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162006000500008&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 28 maio 2014.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. Melhoramento de Plantas. 4ª edição. Viçosa: UFV, 2009. 625 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DND/CLAV, 1992. 365 p.

BUENO, L. C. S.; MENDES, A.N.G.; CARVALHO, S. P. **Melhoramento de plantas**; princípios e procedimentos. 2.ed. Lavras: UFLA, 2006. 319 p.

CARVALHO, N. M. & NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.

CILAS, C.; BOUHARMONT, P.; BOCCARA, M.; ESKEs, A. B.; BARADAT, P. Prediction of genetic value for coffee production in *Coffea arabica* from a half-diallel with lines and hybrids. **Euphytica**, Dordrecht, v. 104, n. 1, p. 49-59, 1998.

COIMBRA, J. L. M.; GUIDOLIN, A. F.; CARVALHO, F. I. F. Parâmetros genéticos do rendimento de grãos e seus componentes com implicações na seleção indireta em genótipos de feijão preto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 1, p. 1-6, 1999.

CRUZ, C.D. Programa genes (versão Windows): aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 2006. 648 p.

CRUZ, C. D. Princípios de genética quantitativa. 1a. ed. Viçosa, MG: UFV, 2005. 391 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 2ª ed. rev. Viçosa: Editora UFV, 1997. 390 p.

EDWARDS, R. L.; SUNDSTROM, F. J. Afterripening and harvesting effects on tabasco pepper seed germination performance. **HortScience**, Alexandria, v. 22, n. 3, p. 473-475, 1987.

FERRÃO, R.G.; CRUZ, C. D.; FERREIRA, A.; CECON, P. R.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; CARNEIRO, P. C. S.; SILVA, M. F. Parâmetros genéticos em café conilon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 61-69, 2008.

FIALHO, G. S. et al. Osmocondicionamento em sementes de pimenta 'amarela comprida' (*Capsicum annuum* L.) Submetidas à deterioração controlada. **Ciênc. agrotec.** [online]. v. 34, n. 3, p. 646-652. 2010. ISSN 1413-7054.

FIGLIOLIA, M. B.; OLIVEIRA, E. C.; PINÃ-RODRIGUES, F. C. M. Análise de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. **Sementes florestais tropicais**. Brasília, DF: ABRATES, p. 137-174. 1993.

GINWAL, H. S.; GERA, M. Genetic variation in seed germination and growth performance of 12 *Acacia nilotica* provenances in India. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 12, n. 2, p. 286-97, 2000.

GRAVINA, G. A.; MARTINS FILHO, S.; SEDIYAMA, C. S.; CRUZ, C. D. Parâmetros genéticos da resistência da soja a *Cercospora sojina*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 7, p. 653-659, 2004.

GRAVOIS, K. A.; BERNHARDT, J. L. Heritability x environment interactions for discoloured rice kernels. **Crop Science**, Madison, v. 40, n. 2, p. 314-318, 2000.

LAZAROTTO, M.; BELTRAME, R.; MUNIZ, M.F.; BLUME, E. Maturação fisiológica de sementes de *Erythrina crista-galli* L. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 1, p. 9-16, 2011.

LIMA, M. V. L.; CHAVES, A. D.; LOPES, R.; CHAVES, F. C. M.; CUNHA, R. N. V.; LOPES, M. T. G.; ROCHA, R. N. C.; TEXEIRA, P. C. Produção de frutos e

parâmetros genéticos em pimenta-de-cheiro. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 46. 2006, Goiânia. [Anais...]. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 1, p. 1404-1407, jul. 2006. Supl. CD-ROM.

LOPES, J. C.; DIAS, P. C.; PEREIRA, M. D. Maturação fisiológica de sementes de quaresmeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 8, p. 811-816, 2005.

MARTINS, C. C.; SILVA, N.; MACHADO, C. G. Tests for the selection of carrot populations with greater vigor and longevity of seeds, Brasília, DF, 2012. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SEED, TRANSPLANT AND STAND ESTABLISHMENT OF VEGETABLE CROPS, 6. 2012, Brasília, DF. **Anais...** Brasília: EMBRAPA hortaliças/ISHS, v. 1, p. 83, 2012.

MENGARDA, L. H. G. e LOPES, J. C. Qualidade de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas de pimenta malagueta e sua relação com a posição de coleta de frutos. **Revista brasileira de sementes** [online]. v. 34, n. 4, p. 644-650. 2012. ISSN 0101-3122.

OLIVEIRA, S.A. G.; LOPES, M. T. G.; CHAVES, F. C. M.; MARTINS, C. C.; ALVES, E. U. Estimation of genetic parameters of *Plukenetia volubilis* L. seed germination. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 56, n. Supl., p. 49-54, 2013

PEREIRA, E.B.C.; PEREIRA, A.V.; FRAGA, A.C. Qualidade de sementes de cultivares precoces de soja produzidas em três épocas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 8, p. 1653-1662, 2000.

PIMENTEL-GOMES, F. Análise de grupos de experimentos. In: (Ed.). Curso de estatística experimental. 14. ed. Piracicaba: Nobel, p. 168-197. 1991.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; AGUIAR, I. B. Maturação e dispersão de sementes. In: AGUIAR, I.B., PIÑA-RODRIGUES, F.C.M., FIGLIOLIA, M.B. **Sementes Florestais Tropicais**. Brasília: ABRATES, p. 215-274. 1993.

RAMALHO, M. A. P. Melhoramento de plantas autógamas. Lavras: UFLA/FAEPE. 2003 (Textos acadêmicos); RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; ZIMMERMANN, M. J. O. Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro. Goiânia: UFG, 1993. 271p.

RIBEIRO, C. S. C.; REIFSCHNEIDER, F. J. B. Genética e melhoramento. In: RIBEIRO, C. S. C.; LOPES, C. A.; CARVALHO, S. I. C.; HENZ, G. P.; REIFSCHNEIDER, F. J. B. Pimentas *Capsicum*. Brasília: Embrapa Hortaliças. p. 55 – 69, 2008.

RIVAS, M.; SUNDSTROM, F.J. & EDWARDS, R.L. Germination and crop development of hot pepper after seed priming. **HortScience**, Alexandria, v. 19, n. 2, p. 279-281, 1984.

SILVA-LOBO, V. L.; GIORDANO, L. B.; LOPES, C. A. Herança da resistência à mancha-bacteriana em tomateiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 30, p. 343-349. 2005.

SOUZA, V.A.B. Viabilidade no cruzamento entre *Capsicum annum* e *Capsicum chinense* Jacq. 1987. 100 f. Tese de Mestrado. Viçosa,UFV, Imprensa Universitária,.

STRICKBERGER, M. W. **Genetics**. New York: The McMillan, 1985. 842 p.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. P. **Melhoramento e produção do milho**. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p.137-214.

VIDIGAL, D. S.; DIAS, D. C. F. S.; PINHO, E. V. R. V.; DIAS, L. A. S. Alterações fisiológicas e enzimáticas durante a maturação de sementes de pimenta (*Capsicum annum* L.). *Revista Brasileira de Sementes, Lavras*, v. 31, n. 2, p. 129-136, 2009.

VIDIGAL, D. S.; LIMA, J. S.; BHERING, M. C.; DIAS, D. C. F. S. Teste de condutividade elétrica para sementes de pimenta. *Revista Brasileira de Sementes, Lavras*, v. 30, n. 1, p. 168-174, 2008.