

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 figure of a bird, possibly a toucan, with its wings spread. The bird is surrounded by a laurel wreath. Above the bird 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.

**CARACTERIZAÇÃO MORFOAGRONÔMICA DE
GERAÇÕES DE *Capsicum annuum* x *Capsicum chinense***

REINALDO MALVEIRA FONSECA

MANAUS

2016

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

REINALDO MALVEIRA FONSECA

**CARACTERIZAÇÃO MORFOAGRONÔMICA DE
GERAÇÕES DE *Capsicum annum* x *Capsicum chinense***

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

Orientador: Dr. Francisco Célio Maia Chaves
Co-Orientador: Dr. Magno Sávio Ferreira Valente

MANAUS
2016

Ficha Catalográfica

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

F676c Fonseca, Reinaldo Malveira
Caracterização morfoagronômica de gerações de *Capsicum annuum* x *Capsicum chinense* / Reinaldo Malveira Fonseca. 2016
142 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Francisco Célio Maia Chaves
Coorientador: Magno Sávio Ferreira Valente
Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal do Amazonas.

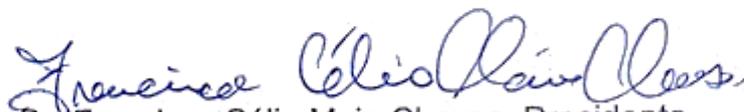
1. Melhoramento de plantas. 2. Hibridação. 3. Germoplasma. 4. Pimenta. I. Chaves, Francisco Célio Maia II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

CARACTERIZAÇÃO MORFOAGRONÔMICA DE GERAÇÕES DE
Capsicum annuum* x *Capsicum chinense

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical – PGATR, da Faculdade de Ciências Agrárias 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 23 de maio de 2016

BANCA EXAMINADORA


Dr. Francisco Célio Maia Chaves, Presidente

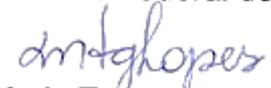
Embrapa Amazônia Ocidental


Prof. Dr. Ilzon Castro Pinto, Membro

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Amazonas


Prof. Dr. Silfran Rogério Marialva Alves, Membro

Universidade Federal do Amazonas


Profa. Dra. Maria Teresa Gomes Lopes, Membro

Universidade Federal do Amazonas


Profa. Dra. Therezinha de Jesus Pinto Fraxe, Membro

Universidade Federal do Amazonas

Aos produtores, pesquisadores e consumidores de pimentas, que estão sempre em busca de novos conhecimentos, aromas e sabores trazidos por essa espécie inigualavelmente interessante e importante.

Ofereço

Aos meus pais, Clemência Beniz Fonseca e Arnaldo Malveira Fonseca *in memorian*; aos meus tios Anelito, Sebastião (Tião), Elcir, Gabriela (Biela) *in memorian* e Silvestre *in memorian*; ao meu grande amigo Roldão Coelho; com os quais aprendi a importância da busca pelo conhecimento e o gosto pelas plantas, principalmente, pelas pimentas. Em especial à querida Beatriz e ao meu primo Sebastião Nazareth de Castro *in memorian*, que durante sua passagem por esse plano mostrou que a dedicação ao cultivo e respeito à terra, transformam, constroem e dignificam quem o faz.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus.

À minha família, esposa Helena e filha Isabelle, que com dedicação e entusiasmo estiveram presentes, auxiliando, em todas as fases na concretização desse trabalho; aos meus irmãos Fátima, Renato, Siza e Shirley pelo incentivo e amizade.

Ao orientador professor Dr. Francisco Célio Maia Chaves pela orientação, envolvimento, apoio e amizade na realização desse projeto.

Aos professores melhoristas, PhD. Maria Teresa Gomes Lopes e Dr. Magno Sávio Ferreira Valente pela colaboração primordial e disponibilidade.

Aos amigos e colaboradores Dra. Lucifrancy Vilagelin, Dr. Rinaldo Sena, Dra. Marinete Vasques, Carla Elaine, Carlos (Carlito), Graciete e Arlan Furtado pelo apoio teórico e logístico.

Aos funcionários da UFAM José Nascimento e Antônio pela colaboração.

Aos amigos Líbia, Lúcia Helena, André Borborema e Atman que tive a oportunidade de conhecer, conviver, receber, oferecer e compartilhar conhecimento enquanto cursávamos as disciplinas do curso.

Aos professores do curso de Pós-Graduação em Agronomia Tropical que foram essenciais na transmissão de conhecimento, ampliação do pensamento acadêmico e companheirismo.

À EMPRAPA Ocidental e aos funcionários de setor de plantas medicinais, pela contribuição e colaboração na etapa do trabalho de campo.

Ao IFAM campus São Gabriel da Cachoeira, na pessoa do Diretor prof. Elias Brasilino pela liberação e apoio; aos colegas Josenir e Sávio pelo apoio, alegria e energia positiva que dispõem.

À FAPEAM, pelo auxílio financeiro para realização da pesquisa.

Aos membros da banca, professores Dra. Therezinha Fraxe, Dr. Ilzon Castro em especial ao Dr. Silfran Marialva, pela colaboração e confiança.

AGRADEÇO

RESUMO

Pertencentes à família das solanáceas, as pimentas e os pimentões (*Capsicum* spp.), de maneira geral, são plantas arbustivas com frutos pungentes ou doces. O cultivo é de grande importância econômica, principalmente, quando se agrega valor ao produto. Compõem uma extraordinária parte do mercado de hortaliças frescas e processadas do Brasil. A grande diversidade de materiais genéticos dentro do gênero *Capsicum* favorece e possibilita sua utilização em programas de melhoramento, buscando a produção de frutos de melhor qualidade e a resistência a doenças, através de cultivares resistentes. A hibridação é um dos métodos de melhoramento empregados para promover a variabilidade genética necessária na obtenção de novas cultivares e ampliação da base genética das cultivares em uso. A identificação de características morfoagronômicas interessantes para o melhoramento de plantas é um fator importante na seleção de variedades que poderão ser utilizadas em plantios comerciais, ou nos trabalhos de conservação da espécie. Objetivou-se com o presente trabalho, estudar as características morfoagronômicas de gerações de *Capsicum annuum* x *Capsicum chinense* Jacquin., utilizando dados quantitativos e qualitativos na caracterização das gerações e dados quantitativos na realização do estudo de herança. Os genitores, as gerações F₁, F₂ e os dois retrocruzamentos foram avaliados em experimentos no delineamento em blocos casualizados, com três repetições na EMBRAPA Ocidental – Manaus - Amazonas. A caracterização morfoagronômica foi realizada através dos descritores recomendados pelo IPGR. Todas as análises genético-estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa Microsoft® Office Excel 2013 e o programa computacional em genética e estatística, GENES, versão 2014.6.1. A partir dos dados obtidos dos genitores e das gerações F₁, F₂ e retrocruzamentos foram feitos estudos com médias e variâncias. Dentre os resultados destacam-se a polinização de 50% das flores, nos cruzamentos manuais realizados para a obtenção do híbrido F₁; nos valores de heterose negativa para a geração F₁, houve diminuição da magnitude das médias na geração F₁ em relação às médias dos genitores; nos caracteres número de flores por axila e comprimento do fruto, os valores de heterose foram positivos; na avaliação da correlação entre os caracteres de fruto, correlações positivas foram obtidas para os caracteres comprimento e peso do fruto, e também para os caracteres largura e peso do fruto em todas as gerações. Com exceção do caractere altura da planta, os efeitos aditivos tiveram maior importância do que os efeitos de dominância, denotando potencial de ganhos pela obtenção de segregantes superiores. Os resultados demonstram a possibilidade da seleção de indivíduos com características de grande interesse agrônomo, como comprimento e peso do fruto.

Palavras-chave: Melhoramento de plantas. Hibridação. Germoplasma. Pimenta.

ABSTRACT

Belonging to the nightshade family, peppers and peppers (*Capsicum* spp.), In general, they are shrubby plants with pungent or sweet fruits. The cultivation is of great economic importance, especially when it adds value to the product. They make an extraordinary part of the market fresh vegetables and processed in Brazil. The great diversity of genetic material within the genus *Capsicum* favors and enables their use in breeding programs, seeking to produce the best quality fruits and resistance to diseases by resistant cultivars. Hybridization is one of the methods of improving employees to promote genetic variability necessary in obtaining new cultivars and the expansion of the genetic basis of cultivars in use. The identification of interesting agronomic characteristics for plant breeding is an important factor in the selection of varieties that may be used in commercial plantations or in species conservation work. The objective of the present work, study the agronomic characteristics of generations of *Capsicum annuum* x *Capsicum chinense* Jacquin, using quantitative and qualitative data on the characterization of generations and quantitative data in the realization of heritage study. The parents, F₁, F₂ and the two backcrosses were evaluated in experiments in a randomized block design with three replications in Western EMBRAPA - Manaus - Amazonas. The morphoagronomic were performed using descriptors recommended by IPGR. All genetic-statistical analyzes were performed using Microsoft® Office Excel 2013 program and the computer program in genetics and statistics, GENES, version 1.6.2014. From the data obtained from the parents and the F₁, F₂ and backcross were studies done with means and variances. Among the results include the pollination of flowers 50% in manual crosses performed to obtain the F₁ hybrid; heterosis in negative values for the F₁ generation, a reduction of the magnitude of the average in the F₁ generation in relation to the average of the parents; characters in the number of flowers per axilla and length of the fruit, the heterosis values were positive; in assessing the correlation between characters of fruit, positive correlations were obtained for the length character and weight of the fruit and to the character width and weight of the fruit in all generations. With the exception of plant height character, the additive effects were more important than the effects of dominance denoting potential for obtaining superior segregating gains. The results demonstrate the possibility of selecting individuals with characteristics of high agronomic interest, such as length and weight of the fruit.

Keywords: Plant Breeding. Hybridization. Germplasm. Chili.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa com os pontos dos locais de realização do experimento	45
Figura 2 - Construção de casas de vegetação tipo arco	46
Figura 3 - Preparo das mudas para os cruzamentos. A – Semeio; B – Mudas prontas para transplântio; C – Mudas transplantadas.	48
Figura 4 - Plantas tutoradas e amarradas	48
Figura 5 - Caracterização das etapas dos cruzamentos – Genitores: P ₁ (<i>Capsicum annuum</i>) x P ₂ (<i>Capsicum chinense</i>); gerações híbridas (F ₁) e segregantes (F ₂ e os retrocruzamentos – RC ₁ e RC ₂)	49
Figura 6 - Emasculação e proteção do botão floral.	51
Figura 7 - Polinização manual	52
Figura 8 - Identificação e crescimento dos frutos.	53
Figura 9 - Esquema do cruzamento para obtenção da F ₁ - P ₁ = pimentão Casca dura Ikeda - <i>Capsicum annuum</i> - constituiu o genitor feminino; P ₂ = 6 subamostras de <i>Capsicum chinense</i> Jacq. - genitores masculinos.....	53
Figura 10 - Botões florais cobertos para autopolinização – geração F ₂	57
Figura 12 - RC ₂ – retrocruzamento com P ₂ (pimenta de cheiro – <i>Capsicum chinense</i> Jacq.)	60
Figura 11 - RC ₁ – retrocruzamento com Pai 1 (pimentão - <i>Capsicum annuum</i>)....	60
Figura 13 - Área de condução do experimento	61
Figura 14 - Disposição das gerações no bloco 1.....	63
Figura 15 - Identificação das parcelas no campo experimental.....	64
Figura 16 - Média do diâmetro de 10 flores de P ₂ - <i>Capsicum chinense</i> Jacq.(genitores masculinos).....	77
Figura 17 - Flor e fruto de pimentão <i>Capsicum annuum</i>	78
Figura 18 - Peso dos frutos do cruzamento de pimenta-de-cheiro e pimenta roxinha com pimentão	86
Figura 19 - Análise das sementes de P ₁ , P ₂ e F ₁	87
Figura 20 - Quantidade de sementes dos frutos polinizados	88
Figura 21 - Fruto da subamostra P ₂ pimenta de cheiro e híbrido F ₁ Pimenta de cheiro.....	90
Figura 22 - Frutos da subamostra P ₂ pimenta roxinha e híbrido F ₁ pimenta roxinha	90
Figura 23 - Flores dos híbridos F ₁ pimenta de cheiro à esquerda e F ₁ pimenta roxinha à direita.....	90
Figura 24 - Gráfico das características das flores e frutos dos híbridos F ₁	91
Figura 25 - Peso dos frutos híbridos F ₁ pimenta de cheiro e F ₁ pimenta roxinha..	92
Figura 26 - Hábito de crescimento das gerações avaliadas.....	107
Figura 27 - Altura das plantas das gerações avaliadas	108
Figura 28 – Número de flores nas plantas das gerações avaliadas	109
Figura 29 - Posição das flores nas plantas das gerações avaliadas	110
Figura 30 - Cor da corola das flores nas gerações avaliadas	111

Figura 31 - Cor dos frutos no estágio intermediário nas gerações avaliadas	112
Figura 32 - Cor dos frutos no estágio maduro nas gerações avaliadas	113
Figura 33 - Forma dos frutos nas gerações avaliadas	114
Figura 34 - Comprimento dos frutos nas gerações avaliadas	115
Figura 35 - Largura dos frutos nas gerações avaliadas	116
Figura 36 - Peso dos frutos nas gerações avaliadas.....	117
Figura 37 - Pescoço na base dos frutos das gerações avaliadas	118
Figura 38 - Superfície dos frutos das gerações avaliadas.....	119
Figura 39 - Persistência do pedicelo ao fruto nas gerações avaliadas.....	120
Figura 40 - Pungência dos frutos das gerações avaliadas.....	121
Figura 41 - Aroma dos frutos das gerações avaliadas.	122
Figura 42 - Número de sementes nos frutos das gerações avaliadas.....	123
Figura 44 - Frutos dos genitores P ₁ pimentão (<i>Capsicum annuum</i>), P ₂ Pimenta de cheiro (<i>Capsicum chinense</i> Jacq. e híbrido F ₁ pimenta de cheiro).....	124
Figura 45 – Tamanho e formato dos frutos da geração segregante F ₂	125
Figura 46 - Tamanho e formato dos frutos da geração segregante RC ₁	126
Figura 47 – Tamanho e formato dos frutos da geração segregante RC ₂	127

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Conjunto de materiais utilizados, incluindo genitores e as gerações derivadas (F ₁ , F ₂ e os retrocruzamentos).....	49
Tabela 2 - Percentual de pegamento dos cruzamentos entre <i>Capsicum annuum</i> x <i>Capsicum chinense</i> Jacq.....	76
Tabela 3 - Resumo da análise de variância e médias das gerações para caracteres obtidos a partir do cruzamento entre <i>Capsicum chinense</i> e <i>Capsicum annuum</i> . Manaus, AM, 2014/2015.....	94
Tabela 4 - Estimativas das médias (\bar{X}) e variâncias ($\hat{\sigma}^2$) para caracteres de planta, flores, frutos e sementes avaliados	97
Tabela 5 - Estimativas de componentes de variância e de parâmetros genéticos obtidos para caracteres avaliados nas gerações P ₁ , P ₂ , F ₁ , F ₂ , RC ₁ e RC ₂ a partir do cruzamento entre <i>Capsicum chinense</i> e <i>Capsicum annuum</i> . Manaus, AM, 2014/2015.....	98
Tabela 6 - Decomposição não ortogonal da soma de quadrados de parâmetros e valores R ² (porcentagens da variação explicada pelos efeitos gênicos) obtidos no modelo completo e no modelo aditivo-dominante para caracteres avaliados nas gerações P ₁ , P ₂ , F ₁ , F ₂ , RC ₁ e RC ₂ a partir do cruzamento entre <i>Capsicum chinense</i> e <i>Capsicum annuum</i> . Manaus, AM, 2014/2015.	104
Tabela 7 - Estimativas dos parâmetros genéticos ($\hat{\beta}$) com suas respectivas variâncias ($\hat{\sigma}^2$) e valores do coeficiente de correlação (r) entre as médias observadas (\bar{Y}_o) e esperadas (\bar{Y}_e) no modelo completo e no modelo aditivo-dominante para caracteres avaliados nas gerações P ₁ , P ₂ , F ₁ , F ₂ , RC ₁ e RC ₂ a partir do cruzamento entre <i>Capsicum chinense</i> e <i>Capsicum annuum</i> . Manaus, AM, 2014/2015.....	105
Tabela 8 - Estimativas de correlações de Pearson entre caracteres de fruto em gerações obtidas do cruzamento de <i>Capsicum chinense</i> e <i>Capsicum annuum</i> . Manaus, AM, 2014/2015.....	106

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Características morfológicas para a identificação das espécies domesticadas de <i>Capsicum</i> spp.....	26
Quadro 2 – Genitores utilizados nos cruzamentos.....	47
Quadro 3 - Quantidade de plantas utilizadas no plantio de campo.....	61
Quadro 4 - Quantidade de plantas avaliadas.....	65
Quadro 5 - Características da subamostra pimenta murupi.....	79
Quadro 6 - Características da subamostra pimenta curabiá amarela.....	80
Quadro 7 - Características da subamostra pimenta curabiá vermelha.....	81
Quadro 8 - Características da subamostra pimenta-de-cheiro.....	82
Quadro 9 - Características da subamostra pimenta roxinha.....	83
Quadro 10 - Características da subamostra pimenta vermelhinha.....	84
Quadro 11 - Características avaliadas nas gerações.....	89

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 OBJETIVOS	19
2.1 Geral.....	19
2.2 Específicos	19
3 REVISÃO DE LITERATURA	20
3.1 O Gênero <i>Capsicum</i>	20
3.1.2 Origem e domesticação de <i>Capsicum</i> spp.....	20
3.1.3 Caracterização das pimentas e pimentões do gênero <i>Capsicum</i>	22
3.1.4 Importância econômica de <i>Capsicum</i> spp.....	27
3.2 Recursos genéticos e melhoramento de <i>Capsicum</i> spp.....	31
3.2.1 Cruzamentos interespecíficos	35
3.2.2 Análise genética das variâncias e médias das gerações	39
4 MATERIAL E MÉTODOS	45
4.1 Local do experimento	45
4.2 Obtenção dos híbridos interespecíficos e gerações segregantes	49
4.2.1 Cruzabilidade interespecífica	50
4.2.2 Preparação para polinização.....	50
4.2.2.1 Polinização interespecífica - obtenção do híbrido F ₁	51
4.3 Seleção do híbrido F ₁ e da geração segregante F ₂	54
4.3.1 Seleção dos Híbridos F ₁	55
4.3.2 Obtenção da F ₂	56
4.4 Obtenção de sementes das gerações retrocruzadas – RC ₁ e RC ₂	58
4.4.1 Obtenção da geração segregante RC ₁ e RC ₂	59
4.5 Instalação dos Experimentos de Avaliação	60
4.6 Caracteres avaliados.....	64
5.1 Cruzamentos entre <i>Capsicum annuum</i> e <i>Capsicum chinense</i> Jacq.	76
5.1.1 Características dos frutos híbridos F ₁ (<i>Capsicum annuum</i> x <i>Capsicum chinense</i> Jacq.)	85
5.2 Seleção dos híbridos F ₁	88
5.3 Obtenção da geração F ₂	93
5.4 Os retrocruzamentos: obtenção das gerações segregantes RC ₁ e RC ₂	93

5.5 Estudo da herança nas gerações P ₁ , P ₂ , F ₁ , F ₂ , RC ₁ e RC ₂	94
5.5.1 Estudo das características morfoagronômicas das gerações estudadas – P ₁ , P ₂ , F ₁ , F ₂ , RC ₁ e RC ₂	107
5.5.2 Características das plantas e frutos das gerações estudadas	124
6 CONCLUSÕES	128
7 REFERÊNCIAS	129

1 INTRODUÇÃO

As espécies botânicas do gênero *Capsicum* são originárias de regiões tropicais da América Latina. Os índios das Américas utilizavam as pimentas de forma contínua em sua alimentação (ANDREWS, 1984). Os espanhóis e portugueses iniciaram sua domesticação e, assim como pássaros, disseminaram para outras partes do mundo: Europa, Ásia e África, adquirindo características e nomes próprios foram incorporados a diferentes culturas (BOSLAND e VOTAVA, 1999).

Estudos da sequência de domesticação de plantas no Peru demonstraram que mudanças culturais provocaram mudanças nas plantas cultivadas (PICKERSGILL, 1997).

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). Constituem um grupo muito peculiar pelo seu sabor e por estimular as funções digestivas, sendo parte da dieta de um quarto da população do planeta (TEIXEIRA, 1996).

O cultivo de pimentas no Brasil é de grande importância econômica, principalmente, quando o produtor agrega valor ao produto tornando-o mais rentável. Do ponto de vista social, o cultivo feito por agricultores familiares gera empregos, pois exige grande quantidade de mão-de-obra, em especial durante a colheita (MOREIRA et al., 2006).

As pimentas fazem parte de uma importante parte do mercado de hortaliças frescas do Brasil, e mundialmente falando, do segmento de condimentos, temperos e conservas (DUTRA et al., 2010; VALVERDE, 2011). Comparativamente, o pimentão apresenta maior expressividade tanto no plantio, como na comercialização

e consumo. Encontra-se entre as dez hortaliças de maior importância para o mercado hortigranjeiro brasileiro (PEREIRA et al., 2001).

Nascimento et al. (2004) afirmam que além do consumo *in natura*, a importância industrial do pimentão deve-se à presença de um concentrado de pigmentos naturais na polpa de seus frutos vermelhos e maduros. As espécies de *Capsicum* apresentam ampla variabilidade quanto aos seus principais caracteres morfológicos, como formato, tamanho, cor e posição de flores e frutos (McLEOD et al., 1982).

Para que esta variabilidade não seja perdida, é de suma importância que haja manutenção, conservação dos acessos em bancos de germoplasma, caracterização e avaliação com o intuito de determinar a diversidade genética para identificar os acessos úteis para condução em programas de melhoramento (SUDRE et al., 2007; MOURA et al., 2010; REGO et al., 2011a; REGO et al., 2012b; REGO et al., 2013).

Segundo Blank et al. (1995), a ocorrência de uma grande diversidade de materiais genéticos dentro do gênero *Capsicum* favorece e possibilita sua utilização em programas de melhoramento, tendo como principal preocupação a produção de frutos de melhor qualidade e a resistência a doenças.

De acordo com Silva (2003), a utilização de cultivares resistentes é uma das maneiras mais eficientes de controle de doenças, devido ao baixo custo que representa para os produtores, diminuição da poluição ambiental, por um menor uso de defensivos e melhoria da qualidade final do produto.

Em plantas autógamias como as pimenteiras, os métodos de melhoramento empregados utilizados são geralmente a hibridação para promover variabilidade, no entanto, em populações com alta variabilidade podem-se utilizar métodos baseados em seleção (ALLARD, 1971; RÊGO et al., 2006; RÊGO et al., 2011b).

A identificação de características morfoagronômicas interessantes para o melhoramento de plantas é um fator importante na seleção de variedades que poderão ser utilizadas em plantios comerciais, ou nos trabalhos de conservação da espécie.

A viabilidade de prever ganhos é uma das maiores contribuições da genética quantitativa para o melhoramento (PAULA et al., 2002; MONTEIRO, 2009). As informações genéticas sobre a herança de caracteres quantitativos de várias características são necessárias, pois vai direcionar o melhorista para preparação de programas de melhoramento eficazes (NAHAR et al., 2010). Para tanto, é importante o estudo de médias e variâncias que irão identificar que proporção da estimativa obtida tem causas genéticas e não genéticas (CONCEIÇÃO et al., 2010). As estimativas de parâmetros genéticos com base nos componentes das variâncias permitem estimar a herdabilidade (proporção da variância fenotípica que é atribuída a causa genética) e conhecer a natureza da ação dos genes envolvidos no controle dos caracteres quantitativos (REZENDE et al., 2011), se estes são de natureza aditiva (a), dominante (d) ou epistáticas (aditiva x aditiva, aditiva x dominante, dominante x dominante) (BNEJDI et al., 2009).

Objetivou-se com o presente trabalho, estudar as características morfoagronômicas de gerações de *Capsicum annuum* x *Capsicum chinense*, utilizando dados quantitativos e qualitativos na caracterização das gerações e dados quantitativos na realização do estudo de herança.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Caracterizar morfoagronomicamente gerações de *Capsicum annuum* x *Capsicum chinense* Jacquin.

2.2 Específicos

Realizar cruzamentos interespecíficos entre *Capsicum annuum* e *Capsicum chinense*;

Selecionar híbridos para obtenção das gerações segregantes;

Realizar caracterização morfoagronômica das gerações simples e segregantes;

Realizar estudos de herança para caracteres de interesse agrônomo.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 O Gênero *Capsicum*

O gênero *Capsicum* é de origem americana, pertence à família Solanaceae e é composto por cerca de 35 táxons (espécies e suas variedades). As espécies podem ser classificadas de acordo com o nível de domesticação, de modo que o gênero é constituído por cinco táxons domesticados, entre eles estão *C. annuum*, *C. chinense*, *C. frutescens* e *C. baccatum*, sendo cerca de dez semidomesticados e cerca de 20 silvestres (BIANCHETTI e CARVALHO, 2005).

Do grego, *Kapso* significa picar e *Kapsakes* cápsula (NUEZ, 1996). O gênero *Capsicum* é representado pelas pimentas e pimentões. De maneira geral apresentam-se como plantas arbustivas e produzem frutos doces ou pungentes (PICKERSGILL, 1971).

As pimentas do gênero *Capsicum* recebem a seguinte classificação botânica - Família: Solanaceae; Tribo: Solaneae; Subtribo: Solaninae; Divisão: Spermatophyta; Filo: Angiospermae; Classe: Dicotiledônea; Ramo: Malvales - Tubiflorae; Ordem: Solanales (Personatae).

3.1.2 Origem e domesticação de *Capsicum* spp.

As espécies de *Capsicum* selvagens e cultivadas têm suas origens na América Central e América do Sul. Existe concordância geral quanto à origem de *Capsicum* no Novo Mundo. Evidências arqueológicas encontradas no México e Peru indicam a utilização de espécies deste gênero pelas civilizações antigas de 5.000

anos a.C. e 7.000 anos a.C. Estas espécies foram levadas para o Velho Mundo pelos primeiros exploradores, sendo introduzidas na Espanha por Cristóvão Colombo, em 1493 (ANDREWS, 1984).

De acordo com Reifschneider (2008), com a chegada dos navegadores portugueses e espanhóis ao continente americano, as pimentas nativas do gênero *Capsicum* receberam atenção especial por serem mais picantes (pungentes) do que a pimenta-do-reino ou pimenta negra do gênero *Piper*.

Pickersgill (1969) afirma que estudos da sequência de domesticação de plantas no Peru mostram mudanças culturais que refletiram mudanças nas plantas cultivadas. Achados arqueológicos nos sítios de Huaca Prieta e Punta Grande mostraram que as primeiras espécies a serem cultivadas foram de *C. baccatum*, presente desde a ocupação humana e gradualmente melhorada por seleção. Escavações em Yarinacocha indicaram que populações humanas sedentárias praticavam agricultura na montanha, possivelmente 2.000 anos a.C. e *C. chinense* teria sido a próxima espécie a ser domesticada nos Andes, pelos agricultores da floresta tropical.

Carvalho (2008) infere que ao colocar sob seus cuidados plantas e animais, o homem passou a ser o principal agente de seleção, embora os processos naturais de evolução (mutação, migração e recombinação) continuassem a ocorrer. A seleção artificial, com a intenção de adaptar plantas às necessidades humanas, desencadeou o processo de domesticação, que compreende todas as atividades e processos de interferência humana sob as plantas resultando em dependência recíproca e crescente entre plantas e homem.

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 a perda do mecanismo de dispersão. Uma vez que o homem plantou as sementes, ele selecionou, consciente ou inconscientemente as plantas e conseqüentemente os frutos. Outro efeito da domesticação foi o aumento da autopolinização (PICKERSGILL, 1969, 1971). Achados arqueológicos no Peru confirmam as mudanças ocorridas em *Capsicum* (REIFSCHNEIDER, 2000).

3.1.3 Caracterização das pimentas e pimentões do gênero *Capsicum*

As espécies domesticadas de *Capsicum* em geral são autógamas, ou seja, são autopolinizadas (o pólen de uma flor fecunda o estigma da mesma flor), o que facilita sua reprodução.

As espécies de *Capsicum* apresentam ampla variabilidade quanto aos seus principais caracteres morfológicos, como formato, tamanho, cor e posição de flores e frutos, número de pedicelo por nó e folhas, o que condiciona uma ampla diversidade de tipos. A distinção entre as diferentes espécies tem sido feita considerando-se várias características morfológicas, bioquímicas e citológicas, em conjunto (McLEOD et al., 1982).

A altura e forma de crescimento das plantas do gênero variam de acordo com a espécie e as condições de cultivo. O sistema radicular é pivotante, com um número elevado de ramificações laterais, podendo chegar a 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 deltóide. As hastes podem apresentar

antocianina ao longo de seu comprimento e/ou nos nós, bem como presença ou ausência de pelos. O sistema de ramificação de *Capsicum* segue um único modelo de dicotomia e, inicia-se quando a plântula atinge 15 a 20 cm de altura. Um ramo jovem sempre termina por uma ou várias flores. Quando isso acontece, dois novos ramos vegetativos (geralmente um mais desenvolvido que o outro) emergem das axilas das folhas e continuarão crescendo até a formação de novas flores. Esse processo vegetativo se repete ao longo do período de crescimento, sempre condicionado pela dominância apical e dependência hormonal (PEREIRA, 1990; FILGUEIRA, 2003).

De um modo geral, essa hortaliça apresenta flores hermafroditas e como sistema de reprodução a autofecundação, sendo, portanto, autocompatível. Entretanto, os níveis de polinização cruzada variam entre e dentro das espécies (0,5 a 70%), o que possibilita colocá-las no grupo intermediário entre alógamas e autógamias. 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).

As flores possuem cálice com 5 (em alguns casos 6-8) sépalas e a corola com 5 (em alguns casos 6-8) pétalas. Para a identificação das espécies, os taxonomistas examinam principalmente as flores. Características morfológicas como o número de flores por nó, posição da flor e do pedicelo, coloração da corola e da antera, presença ou ausências de manchas nos lobos das pétalas e margem do cálice, variam de espécie para espécie e, por meio destas, podemos identificar as principais espécies domesticadas do gênero (CARVALHO et al., 2003).

O fruto é uma baga de estrutura oca e forma lembrando uma cápsula. Ocorre grande variabilidade morfológica nos frutos sendo verificadas múltiplas formas, tamanhos, coloração e variação no grau de pungência. Esta última característica, exclusiva do gênero *Capsicum*, é atribuída a um alcalóide denominado capsaicina, que se acumula na superfície da placenta (tecido localizado na parte interna do fruto), e é liberada quando o fruto sofre qualquer dano físico e pode ser medida em Unidades de Calor Scoville ('Scoville Heat Units - SHU') por meio de aparelhos específicos. O valor SHU pode variar de zero (pimentas doces) a 300.000 (pimentas muito picantes) (BOSLAND, 1993).

Os capsaicinóides (substâncias alcalóides), componentes químicos, que dão às pimentas sua ardência característica são percebidos imediatamente após a ingestão da pimenta e rapidamente dissipada. Já, a capsaicina e a dihidrocapsaicina apresentam maior irritação e são descritas como tendo uma "típica" sensação de ardor no meio da boca e no palato, bem como na garganta e parte posterior da língua (KRAJEWSKA e POWERS, 1988).

Frutos de pimentas cultivadas na primavera-verão são mais pungentes do que os do outono-inverno. Isso ocorre porque o estresse influencia a via dos fenilpropanóides e afeta indiretamente a síntese de capsaicinóides (KIRSCHBAUM-TITZE et al., 2002).

Diversas pesquisas vêm comprovando que estes capsaicinóides, também possuem propriedades medicinais, atuando como cicatrizante de feridas, antioxidante, na prevenção de arteriosclerose, no controle do colesterol, evitando hemorragias e no aumento da resistência física (ADAMS, 2007; BONTEMPO, 2007).

Por ser antioxidante, rica em flavonóides e em vitamina C, a pimenta pode ainda reduzir o risco de doenças crônicas como câncer de próstata, catarata e

diabetes (LUNN, 2007); auxiliar no tratamento de desordens gastrintestinais (ZANCANARO, 2008), pois no trato gastrintestinal estimula a secreção gástrica e o peristaltismo (CARVALHO et al., 2002); atua também na prevenção de acidente vascular cerebral, doenças cardíacas, entre outras. Os capsaicinóides também são utilizados como matéria-prima para diversos medicamentos orais e locais, como emplastos que aliviam dores musculares (ZANCANARO, 2008).

Segundo Nwokem et al. (2010), a capsaicina e a dihidrocapsaicina constituem 90% dos capsaicinóides e a capsaicina responde por 71% do total de capsaicinóides na maioria dos tipos pungentes.

A coloração dos frutos maduros, geralmente, é vermelha, mas pode variar desde o amarelo-leitoso, amarelo-forte, alaranjado, salmão, vermelho, roxo até preto. O formato varia entre as espécies e dentro delas, existindo frutos alongados, arredondados, triangulares ou cônicos, campanulados, quadrados ou retangulares. Por observação de determinadas características e usos, podemos separar aquilo que chamamos vulgarmente de pimentas e pimentões. Assim, os pimentões (*Capsicum annum* var. *annuum*) apresentam frutos grandes e largos (10 a 21 cm de comprimento e 6 a 12 cm de largura), formato quadrado a cônico e são habitualmente consumidos na forma de saladas, cozidos ou recheados. As pimentas apresentam, em sua maioria, frutos menores que os pimentões, formatos variados e paladar predominantemente pungente. São utilizadas principalmente como condimento e, em alguns casos, como ornamentais (GUPTA e YADAN, 1984).

As primeiras características de separação das espécies são baseadas nas flores e cor das sementes, depois o formato do cálice, o número de flores por nódulo e sua orientação e caracteres de fruto (CARVALHO et al., 2003). As principais

características morfológicas das quatro espécies mais domesticadas do gênero *Capsicum* são demonstradas no Quadro 1.

Quadro 1 - Características morfológicas para a identificação das espécies domesticadas de *Capsicum* spp.

Espécie	Características morfológicas
<i>C. annuum</i> var. <i>annuum</i>	Geralmente apresenta uma flor por nó, raramente mais de uma e ocasionalmente fasciculadas. Na antese, os pedicelos podem ser eretos, pendentes ou inclinados. A corola é branca (raramente violeta), sem manchas na base dos lobos das pétalas. As anteras são geralmente azuladas. Os cálices dos frutos maduros são pouco dentados e não possuem constrição anelar na junção do pedicelo. Os frutos são de várias cores e formas, geralmente pendentes, persistentes, com polpa firme; as sementes são cor de palha. Os tipos mais comuns desta espécie são os pimentões, pimenta jalapeño, pimenta cayenne, entre outras.
<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	As flores se apresentam em número de uma a duas. Na antese, os pedicelos são geralmente eretos. A corola é branca e sempre apresenta um par de manchas amareladas ou esverdeadas na base de cada lobo das pétalas. As anteras são amarelas. Os cálices dos frutos maduros são evidentemente dentados e não possuem constrição anelar na junção do pedicelo. Os frutos são de várias cores e formas, geralmente pendentes, persistentes, com polpa firme; as sementes são cor de palha. Apresenta como os tipos mais comuns as pimentas dedo de moça e pimentas cambuci ou chapéu de bispo.
<i>C. chinense</i>	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 lobos 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. Os frutos são de várias cores e formas, geralmente pendentes, persistentes, com polpa firme; as sementes são cor de palha. Representam esta espécie as pimentas de cheiro, de bode, cumari-do-Pará, murupi, habanero e biquinho.
<i>C. frutescens</i>	As flores se formam em número de uma a três por nó (ocasionalmente fasciculadas). Na antese, os pedicelos são tipicamente eretos. A corola é branca esverdeada, sem manchas e, geralmente, os lobos dobram-se para trás. As anteras são geralmente azuis, roxas ou violetas. Os cálices dos frutos maduros são pouco a não dentados e não apresentam constrição anelar na junção com o pedicelo. Os frutos geralmente são vermelhos, cônicos, eretos, parede muito delgada, com polpa mole; as sementes são cor de palha e mais espessas no hilo. As pimentas malaguetas e tabasco são as principais representantes desta espécie.

Fonte: EMBRAPA (2006)

3.1.4 Importância econômica de *Capsicum* spp.

As pimentas e os pimentões compõem uma importante parte do mercado de hortaliças frescas do Brasil, e também do segmento de condimentos, temperos e conservas, a nível mundial. O cultivo possui grande importância socioeconômica, é realizado principalmente por pequenos, médios e grandes produtores ou integrados das agroindústrias. Aliado a isso, é uma cultura geradora de empregos diretos e indiretos. O mercado é bastante diversificado, indo desde o consumo de pimentas na forma *in natura* e conservas caseiras até a exportação do produto industrializado (WAGNER, 2003).

As pimentas do gênero *Capsicum* estão intimamente relacionadas à riqueza cultural brasileira e são parte valiosa do patrimônio da biodiversidade, sendo cultivadas em uma imensa variedade de tipos, tamanhos, cores, sabores e pungências (NEITZKE et al., 2008).

Segundo Reifschneider (2000), o mercado de pimentas é praticamente ilimitado pela versatilidade de suas aplicações culinárias, industriais e ornamentais e consumo *in natura*. O mercado para as pimentas pode ser dividido de acordo com o objetivo da produção (consumo interno ou exportação) e forma de apresentação do produto (*in natura* ou processado). A produção destinada à exportação é na forma processada, enquanto para o mercado interno tanto as formas processadas como *in natura* (pimentas sem processamento) são importantes.

O mercado externo é extremamente exigente quanto à 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 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, espalhadas por quase todas as regiões do País.

Para Rufino e Penteado (2006), o mercado para pimentas apresenta um futuro promissor com grandes perspectivas e potencialidades pela versatilidade de suas aplicações culinárias, industriais, medicinais e ornamentais. Entretanto, 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).

De acordo com Alves (2015), as pimentas são de grande importância agrícola, sendo utilizadas como defensivos para certas culturas e também como constituintes de saladas e tempero; 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.

Reifschneider (2000) afirma que os agricultores familiares produzem suas próprias sementes ou compram frutos maduros em mercados e feiras, e deles extraem as sementes que serão usadas no plantio; através do uso intensivo da mão-de-obra familiar exploram pequenas áreas de até 2 ha, alcançando uma produção de 30 toneladas por hectare.

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 são escassos (NASCIMENTO FILHO et al., 2007).

De acordo com 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 cultivadas 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 essa 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 estimados em R\$ 80 milhões/ano (RIBEIRO et al., 2004).

Além do uso na alimentação, medicina natural e confecção de cosméticos, a pimenta também é utilizada como produto bélico através de spray utilizado pela polícia no mundo inteiro, nas dispersões de pessoas em ocasiões de tumultos. A capsaicina 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 (PERUCKA e OLESZEK, 2000).

A pungência é uma característica de qualidade para pimentas frescas e também para produtos processados, sendo o conteúdo de capsaicina um dos requisitos majoritários para determinar a qualidade comercial dos frutos de pimenta (NWOKEM et al., 2010). A importância da capsaicina se deve a diversos fatores, mas principalmente, ao fato de ser o princípio ativo que representa as propriedades farmacêuticas das pimentas e por ser a principal responsável pela sensação de ardor (FARIA et al., 2013).

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 (VALVERDE, 2011).

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.

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).

3.2 Recursos genéticos e melhoramento de *Capsicum* spp.

O principal objetivo da conservação de recursos genéticos relacionados às plantas cultivadas é o resgate e manutenção da diversidade genética existente para o uso no melhoramento (BREESE, 1989). Muitas espécies silvestres associadas a espécies cultivadas possuem genes de importância agrônômica, que são em sua maior parte subutilizados (HOYT, 1992). Os estudos de diversidade genética também são importantes para o melhoramento (BARBOSA et al., 2002; ZEWDIE et al., 2004).

A variabilidade genética é necessária na obtenção de novas cultivares e na ampliação da base genética das cultivares em uso, evitando que sejam uniformemente suscetíveis a fatores bióticos e abióticos. Nos plantios modernos, com grandes áreas ocupadas pela mesma cultura, podem ocorrer perdas na

produção devido ao ataque de pragas e doenças, cujas consequências negativas são agravadas pela base genética estreita (CLAUSEN, 1997).

Embora o Brasil seja rico em diversidade e variabilidade para o gênero *Capsicum*, iniciativas voltadas para a exploração da potencialidade de espécies silvestres e semidomesticadas são incipientes. Uma das razões para a pequena utilização é a existência de barreiras genéticas entre espécies domesticadas e silvestres que impedem a incorporação dos genes desejados (RIBEIRO, 2004).

Se, por um lado, a exploração de espécies silvestres e semidomesticadas podem resultar na incorporação de genes de importância agrônômica (resistência às 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.

De acordo com Hoyt (1992), o desenvolvimento de programas de valorização de germoplasma auxiliaria na acessibilidade e facilidade no uso de parentes silvestres, através dos quais os parentes silvestres e as populações locais são pré-cruzados objetivando a remoção de algumas das características indesejáveis antes de iniciar o cruzamento com as variedades.

Quando complementado pelo retrocruzamento com genótipos melhorados, o pré-cruzamento transfere genes úteis dos parentes silvestres para um genoma intermediário, onde podem ser acessados pelos melhoristas.

Atividades de pré-melhoramento (principalmente a identificação de genes úteis e melhor entendimento do fluxo gênico) podem oferecer informações e germoplasma promissor para os programas de melhoramento (NASS, 2007).

Estudos sobre a diversidade de *C. chinense* são fundamentais para o sucesso dos programas de conservação de recursos e de melhoramento genético vegetal

dessa espécie. Pino et al. (2007) determinaram os capsaicinóides totais, cor e compostos voláteis de dez pimentas habanero, como um dos tipos mais cultivados em Yucatan, no México; Fonseca et al. (2007) caracterizaram, com o uso de 51 descritores morfológicos, a diversidade genética de 38 acessos de *C. chinense* coletados no Alto Rio Negro, no Amazonas e que é a pimenta mais cultivada e consumida na região; Jarrete e Berke (2008) examinaram e documentaram a variação morfológica presente em frutos de 330 acessos de *C. chinense* da coleção de germoplasma do Departamento de Agricultura de Griffin, GA, Estados Unidos; Castro e Dávila (2008) realizaram caracterização morfológica de 93 acessos de *Capsicum* do banco de germoplasma da Universidade Nacional da Colômbia; Antonious et al. (2009) avaliaram a variação de pungência entre 63 acessos de *C. chinense* de diferentes países de origem, incluindo do Brasil; Silva Filho et al. (2009) estudaram a diversidade fenotípica em vinte etnovarietades de pimenteiras cultivadas na Amazônia. Esses autores avaliaram várias coleções de *C. chinense* caracterizando-as do ponto de vista morfológico, agrônômico e de conteúdo de capsaicinóides. Os trabalhos são uma amostra da variabilidade existente em *C. chinense* no mundo e demonstram a importância dessa pimenta do ponto de vista de diversidade.

O melhoramento genético de *Capsicum* no Brasil é realizado tanto por empresas públicas como privadas, são poucos os programas nacionais de melhoramento (RIBEIRO, 2004; SILVA, 2005). Os programas de melhoramento genético têm explorado a diversidade genética de *Capsicum*, principalmente das espécies domesticadas, ou seja: *C. annuum*, *C. chinense*, *C. baccatum*, *C. frutescens*. O pimentão (*Capsicum annuum* L.), diferente das pimentas, tem sido

alvo de programas de melhoramento há várias décadas no Brasil (EMBRAPA, 2006).

Apesar do crescente interesse pelo agronegócio *Capsicum*, a área de cultivo ainda é pequena e ocorre falta de interesse das companhias de sementes de hortaliças na comercialização de sementes de pimentas. Poucos cultivares encontram-se disponíveis no mercado e as sementes produzidas e extraídas pelos pequenos são de qualidades variáveis, com baixa germinação e muitas vezes transmissoras de doenças (EMBRAPA, 2006). A variabilidade genética pode ser explorada buscando melhor qualidade e desempenho da semente via melhoramento das cultivares (GERSON e HONNA, 1978).

A utilização de híbridos de diferentes espécies tem despertado grande interesse por parte dos melhoristas e geneticistas, porque certos atributos que faltam nas espécies cultivadas como resistência a doenças, por exemplo, são muitas vezes encontrados em espécies silvestres afins (ALLARD, 1960). De acordo com Rêgo (2011), 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.

Estudos de caracteres genéticos e morfoagronômicos realizados por empresas públicas (grupos de pesquisa) e empresas privadas, buscando variedades com vigor germinativo, altas produtividades e principalmente resistência a doenças, vêm sendo desenvolvidos através da hibridação de plantas, e também dos cruzamentos interespecíficos.

3.2.1 Cruzamentos interespecíficos

As espécies de *Capsicum* apresentam flores perfeitas e se reproduzem preferencialmente por autofecundação espontânea (BOSLAND, 1996). Estudos têm mostrado que a polinização cruzada pode ocorrer em uma faixa de 2 a 90%, estando esse cruzamento associado à presença de insetos polinizadores (BOSLAND e VOTAVA, 1999; NASCIMENTO et al., 2006).

Campos (2006) afirma que o melhoramento genético de *Capsicum* tem por base a manipulação genética, por meio da hibridação sexual, intraespecífica ou interespecífica entre materiais genéticos realizada artificialmente. A hibridação interespecífica é uma metodologia importante no melhoramento genético de uma espécie, porque genes de interesse identificados em uma espécie podem ser transferidos para outra espécie. Porém, o sucesso da hibridação interespecífica depende da compatibilidade entre as espécies envolvidas no cruzamento.

A hibridação interespecífica é muito importante como fonte de novas combinações genéticas e como mecanismo de especiação, sendo útil no cultivo de plantas para transferência de genes de interesse agrônomo, como os de resistência a doenças e a insetos (STUMMEL e BOSLAND, 2006; JUDD et al., 2009).

a) Hibridação

A realização da hibridação tem por finalidade combinar, em um mesmo indivíduo, dois ou mais fenótipos desejáveis que se encontram 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. As hibridações e autofecundações são realizadas utilizando polinização controlada (BORÉM, 2009).

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). A hibridação interespecífica é utilizada pelos melhoristas quando características de interesse, como resistência a doenças, por exemplo, não são encontradas nas espécies cultivadas e estão presentes em espécies silvestres afins (ALLARD, 1960).

A passagem de genes úteis através da hibridação interespecífica, na maioria dos casos, é limitada por incompatibilidade pré e pós-fertilização; limitados pelo retardamento ou inibição do crescimento do tubo polínico e falta de germinação do grão de pólen; 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).

Para Prestes e Goulart (1995), o cruzamento entre espécies distintas pode ser incongruente, devido à existência de um conjunto de barreiras pré e pós-zigóticas causado pelo isolamento entre as espécies, gerando distúrbios em cruzamentos interespecíficos, pelo não reconhecimento de parte das informações genéticas de um genitor pelo outro. Essas barreiras são resultantes da não

germinação dos grãos de pólen no estigma e do retardamento ou inibição do crescimento do tubo polínico através do estilete até o ovário.

Em suas pesquisas Pickersgill (1991) afirma que, após a fertilização, o aborto do embrião é uma característica comum em cruzamentos interespecíficos no gênero *Capsicum*, a literatura relata vários problemas relacionados à incompatibilidade entre as espécies. Para Yoon et al. (2006), a ocorrência de diferentes números cromossômicos nos genitores em cruzamentos pode causar incompatibilidade, aborto de híbridos e esterilidade.

b) Cruzamento interespecífico entre *Capsicum chinense* e *C. annuum*

Smith e Heiser (1951) destacam-se entre os primeiros trabalhos envolvendo hibridação interespecífica no gênero *Capsicum* no qual são relacionadas à morfologia e o comportamento de híbridos interespecíficos entre as espécies de *C. annuum* e *C. frutescens*. Desde então, diversos trabalhos de cruzamentos têm sido realizados objetivando esclarecer as relações existentes entre populações que se assemelham, de modo a permitir o tratamento taxonômico e orientar os trabalhos de melhoramento, especialmente na transferência de genes importantes de uma espécie para outra (CASALI, 1970).

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).

O uso da hibridação interespecífica tem sido a única maneira de transferir um caráter desejável de uma espécie para outra, e a existência entre as espécies cultivadas de *Capsicum annuum*, *C. chinense*, *C. baccatum* e *C. frutescens* de extensiva variação de homologia, pelo menos com respeito a caracteres do fruto, é um fator que pode facilitar ou tornar possível essa transferência (PICKERSGILL,1980).

Cruzamentos entre *C. annuum* e *C. chinense* podem ser feitos em ambas as direções, porém são melhores sucedidos quando *C. annuum* é utilizado como genitor feminino. Na geração F₁, as plantas podem apresentar graus variáveis de fertilidade (HEISER, 1958).

De acordo com Oliveira et al. (1999), em programas de melhoramento baseados em hibridação, genótipos segregantes superiores são recuperados mais rápida e eficientemente quando a população base para a seleção associa superioridade das características sob melhoramento à ampla variabilidade genética, essa última oriunda da diversidade genética entre os progenitores envolvidos nos cruzamentos. Lins et al. (2001) consideram que o cultivo da pimenta e pimentão no Brasil é extenso e demanda novas variedades mais produtivas e resistentes à doenças e estresses ambientais, bem como por diferentes tamanhos, cores, sabores e pungências dos frutos.

Nascimento et al. (2004) inferem que a utilização de cultivares híbridas de *Capsicum* é um importante fator para o incremento da produtividade. A principal diferença entre essas cultivares e as tradicionalmente plantadas reside no efeito heterótico expresso nos caracteres diretamente ligados à produtividade e qualidade de frutos.

Nas duas últimas décadas ocorreram notáveis avanços nos programas de melhoramento do pimentão no Brasil, tanto que, nos dias atuais, a maioria dos cultivares disponíveis nos catálogos das companhias de sementes são híbridos F₁. No entanto, apesar dos sucessos obtidos, ainda são muitos os desafios, que incluem necessariamente uma melhor qualidade e conservação de frutos, maior resistência às doenças, maior produção total e precocidade (NASCIMENTO et al., 2004).

3.2.2 Análise genética das variâncias e médias das gerações

Para liberar uma nova cultivar no mercado com sucesso, o melhorista deve buscar a otimização dos caracteres mais importantes para que ela seja superior às cultivares já comercializadas. Se o caráter possui herança monogênica, isto é, controlado por poucos genes e pouco influenciado pelo ambiente, sua manipulação num programa de melhoramento por hibridação é mais fácil, já que o cruzamento realizado é, normalmente, do genótipo portador do alelo de interesse com outro que apresenta caracteres agronômicos desejáveis. Entretanto, se o caráter é poligênico, ou seja, controlado por muitos genes e muito influenciado pelo ambiente, os cruzamentos devem ser realizados de tal maneira que seja possível a obtenção de populações segregantes com média alta, associada a suficiente variabilidade genética para o caráter sob seleção.

Estudos de herança em *Capsicum* têm sido realizados a partir da análise dialélica (GONÇALVES et al., 2011; RÊGO et al., 2009) e por meio da análise de variância e médias de gerações (SANTOS et al., 2014).

Vale ressaltar que os caracteres que possuem maior interesse para programas de melhoramento são os do tipo quantitativos e, em seus estudos, geralmente adota-se o modelo básico $F = G + A$, em que F é o valor fenotípico, medido nos indivíduos como resultado da ação do genótipo ou valor genotípico (G), sob a influência do ambiente (A).

O valor genotípico, para um loco, pode ser desdobrado numa fração herdável, o valor genético aditivo ou efeito aditivo, dado pelo desvio da média da progênie de um indivíduo qualquer cruzado com uma amostra de indivíduos da população a qual pertence, em relação à média desta população, e outra não herdável por processos sexuais, o valor atribuído aos desvios de dominância. Para mais de um loco tem-se ainda o valor atribuído às interações interalélicas ou epistáticas de natureza aditiva x aditiva, aditiva x dominante ou dominante x dominante. Tem-se então que, a variância genotípica pode ser desdobrada em variância aditiva (ou dos efeitos aditivos), variância dos valores atribuídos aos desvios de dominância, e variâncias epistáticas (CRUZ, 2005).

De acordo com Cruz et al. (2012), uma das maneiras de avaliar a magnitude e natureza dos efeitos gênicos que controlam determinado caráter quantitativo é por meio das análises das variâncias e das médias de gerações, utilizando-se a geração parental (P_1 e P_2), as gerações F_1 e F_2 e as gerações de retrocruzamentos ($RC_1 = P_1 \times F_1$ e $RC_2 = P_2 \times F_1$), as quais fornecem complementaridade das informações e promovem conhecimento mais profundo do fenômeno estudado. Tanto nas variâncias quanto nas médias é importante identificar que proporção da estimativa obtida tem causa genética e que proporção tem causa não genética.

A análise de gerações é uma metodologia biométrica utilizada em análise genética e é importante em estudos de herança, pois fornece ao melhorista

informações indispensáveis à seleção e predição do comportamento de gerações híbridas e segregantes. A análise é feita levando-se em conta o modelo completo, cujos parâmetros são estimados a partir do método dos quadrados mínimos ordinários. Considera-se também o modelo aditivo-dominante, em que os parâmetros são estimados por meio do método dos mínimos quadrados ponderados. A correlação entre as médias observadas e os valores estimados permite avaliar a adequação do modelo a um determinado caráter (CRUZ, 2001).

Embora o modelo completo seja de grande importância para descrever as médias das gerações e prover conhecimento mais abrangente das causas e magnitudes dos componentes genéticos que controlam o caráter, o modelo reduzido aditivo-dominante (m, a, d), também deve ser utilizado, pois além de ser mais simples, é importante por prover informações indispensáveis na avaliação da eficiência dos métodos empregados e êxito dos mesmos (CRUZ et al., 2012). A análise genética das variâncias e médias de gerações tem sido aplicada em estudos de herança de caracteres em várias culturas.

Zdravkovic et al. (2000) avaliaram seis gerações parentais, F₁, F₂ e de retrocruzamentos, em relação à cinco híbridos F₁ de tomate (Danubius, Luna, Lido, Balkan e MI-10) para estudar o controle genético da produção e alguns de seus componentes (peso médio de frutos, peso médio de frutos no primeiro cacho, comprimento e largura do fruto e número de lóculos). As análises das gerações evidenciaram a importância dos efeitos aditivos e devido à dominância no controle do caráter produção e seus componentes para todos os híbridos, exceto o 'Balkan', cuja análise evidenciou a importância dos efeitos epistáticos do tipo aditivo x aditivo e dominante x dominante na manifestação dos caracteres.

O estudo para avaliação de híbridos derivados de cruzamentos dialélicos realizado por Silva (2015), entre seis acessos de *Capsicum annuum* com potencial ornamental para o cultivo em vaso, a fim de estimar sua capacidade combinatória, selecionar os mais promissores e indicá-los para o mercado ornamental, utilizou a avaliação de variáveis quantitativas por meio de estatística descritiva e quantitativa. Neste estudo, verificou-se que o aumento do número de cruzamentos para uma determinada combinação híbrida proporcionou um maior número de frutos colhidos. Exceto para quatro combinações híbridas (UENF 1626 x UENF 1750; UENF 1626 x UENF 1627; UENF 1627 x UENF 2030 e UENF 1627 x UENF 1632), as demais tiveram a taxa de pegamento acima de 80%.

Nascimento (2013) caracterizou, avaliou o comportamento e estimou a heterose em híbridos intra e interespecíficos de pimenteiras ornamentais, para fins de seleção e continuidade ao programa de melhoramento de *Capsicum*, através da utilização de nove genótipos dos quais após cruzamentos foram obtidos quinze híbridos. Nos dados quantitativos submetidos à análise de variância com posterior agrupamento de médias foram identificados acessos de plantas compactas, com coloração variada de flores, frutos eretos e que se destacam com a folhagem, além de frutos que passam por diversas cores durante o processo de maturação, com finalidade ornamental. Nos híbridos observaram-se ganhos entre 0,14% a 33,13% para as características espessura do pericarpo e teor de matéria seca do fruto. Os valores de heterose e heterobeltiose foram significativos positivos e negativos para todas as características. No desempenho entre os genitores e híbridos ficou evidente a variabilidade genética encontrada nas três categorias de híbridos.

Chia et al. (2009) declaram que a hibridação interespecífica entre o caiaué [*Elaeis oleifera* (Kunth) Cortés] e o dendezeiro (*E. guineensis* Jacq.) tem sido

explorada com o objetivo de desenvolver cultivares tão produtivas quanto as de dendezeiro, aliada à resistência à pragas e doenças, principalmente o amarelecimento fatal, elevada taxa de ácidos graxos insaturados e redução de porte características do caiaué. O estudo realizado por Chia et al. (2009) estimou os coeficientes de repetibilidade dos caracteres número de cachos, peso total de cachos e peso médio de cachos de híbridos interespecíficos e definiu o número de anos consecutivos de avaliação necessário para seleção eficiente dos melhores cruzamentos e indivíduos. A estimativa foi gerada pelos métodos da análise de variância, componentes principais com base na matriz de covariância (CPCV) e de correlações, e análise estrutural com base na matriz de correlações. O método dos CPCV demonstrou ser o mais adequado para o estudo da repetibilidade da produção de cachos, indicando quatro anos consecutivos de avaliação para selecionar progênies.

Jost (2009) investigou a existência do efeito materno na expressão do teor de ferro e estimativa da herdabilidade e o ganho por seleção para o teor de ferro em grãos de feijão. Os dados obtidos, em cada combinação híbrida, para os genitores e as gerações F_1 , F_1 recíproco, F_2 e F_2 recíproco foram submetidos à análise de variância e teste F a 5% de probabilidade de erro. Na análise de variância, observou-se efeito significativo para o teor de ferro nos grãos de feijão, a partir dos cruzamentos entre Minuano x Diamante Negro e Diamante Negro x IAPAR 44. Assim, o teor de ferro revelou variabilidade genética entre os genitores e as gerações F_1 , F_1 recíproco, F_2 e F_2 recíproco, em cada combinação híbrida.

Silva Neto (2014) caracterizou progênies de uma população base de pimenteiras (*Capsicum annuum* L.). O mesmo utilizou 54 plantas de uma geração F_2 de pimenteiras ornamentais, onde avaliou os caracteres morfoagronômicos: altura

da planta (AP), diâmetro da copa (DDC), altura da primeira bifurcação (APB), diâmetro do caule (DCL), comprimento da folha (CFL), largura da folha (LFL), comprimento da corola (CDC), comprimento de antera (CANT), comprimento do estilete (CES) e largura da pétala (LAP). Os dados foram submetidos à Análise de Variância, com posterior agrupamento das médias para o teste de Scott-Knott ($p < 0,01$). O DCL foi o descritor com maior herdabilidade (99,49%), seguido de DDC (96,14%) e APB (94,05%). O caractere DCL apresentou maior variabilidade entre as plantas formando 13 classes, seguido de DDC, com oito e APB, com seis classes. Quando se utilizaram as técnicas multivariadas, foi possível agrupar as 54 plantas em oito grupos, sendo o grupo 1 o que reuniu maior número de plantas (35).

Grande parte dos estudos realizados em programas de melhoramento busca identificar e potencializar características inerentes à resistência, produtividade e comercialização das plantas ou de frutos, focando a pesquisa na utilização de parâmetros, principalmente, quantitativos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local do experimento

O experimento foi realizado no Conjunto Acariquara (Bairro Coroado III, Manaus, AM) – Primeiro Local e na Embrapa Amazônia Ocidental (Km 29, AM 010, Estrada Manaus-Itacoatiara) – Segundo Local (Figura 1).

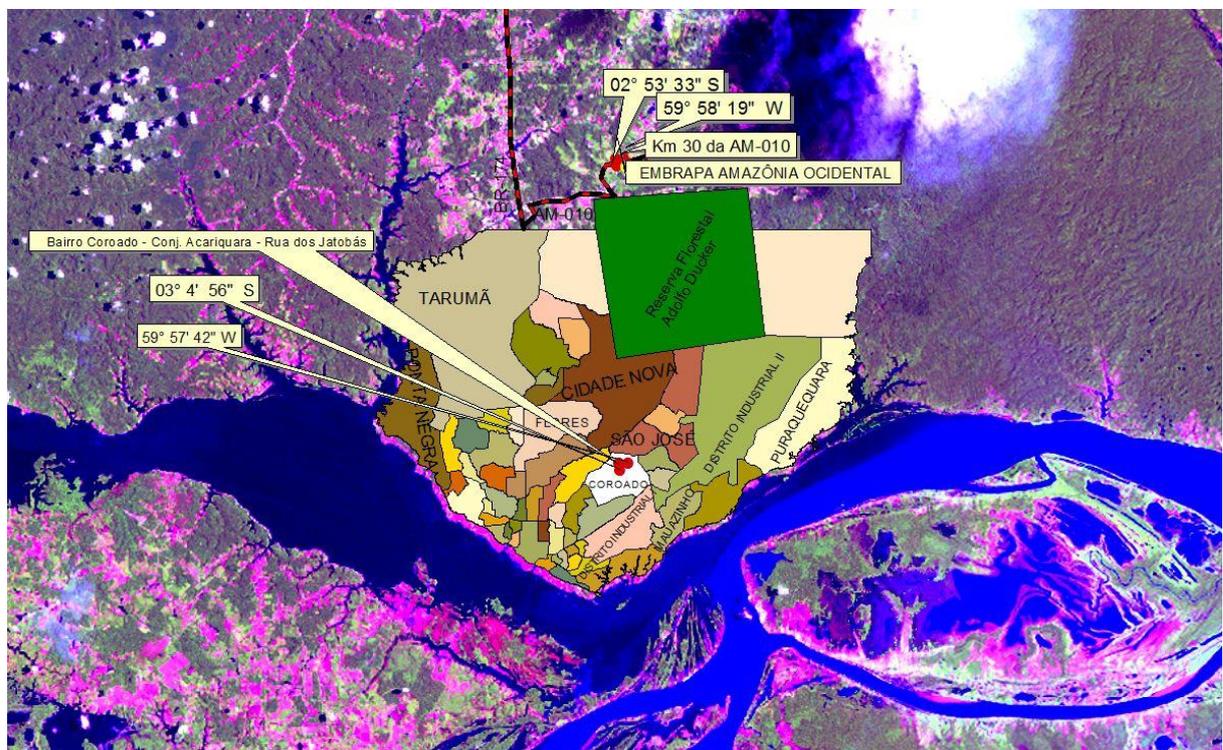


Figura 1 - Mapa da cidade de Manaus com os pontos dos locais de realização do experimento

No primeiro local foi construída uma casa de vegetação tipo arco com dimensões de 7 m de largura por 10 m de comprimento, onde a produção de mudas e os cruzamentos ocorreram. Esta casa, constituiu-se de uma estrutura com duas bancadas de 0,8 m de largura, 0,9 m de altura e 10 m de comprimento sob proteção de plástico de 150 micra, transparente, demonstrada na Figura 2.



Figura 2 - Construção de casas de vegetação tipo arco

Neste local, inicialmente, foram selecionados seis materiais genéticos oriundos do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) do Instituto Federal do Amazonas/Campus São Gabriel da Cachoeira, AM.

4.1.1 Material vegetal

Para este estudo foram consideradas duas espécies de *Capsicum*, *C. annuum* (pai 1 - P₁) e *C. chinense* (pai 2 - P₂), contrastantes para a maioria das características avaliadas. A partir das gerações parentais (P₁ e P₂), foram obtidas as gerações F₁, F₂ (F₁ x F₁) e as gerações de retrocruzamentos (RC₁ = P₁ x F₁ e RC₂ = P₂ x F₁) sob condições experimentais de telado e de campo na estação experimental da Embrapa Amazônia Ocidental, em Manaus – AM, no ano agrícola de 2014/2015.

O material constituiu de genitores masculinos – P₂, compostos por 6 subamostras de *Capsicum chinense* Jacq., e genitor feminino – P₁ composto por uma amostra de *Capsicum annuum* - cultivar comercial pimentão Casca dura Ikeda demonstrados no Quadro 2.

Quadro 2 – Genitores utilizados nos cruzamentos.

Genitores		
Masculino (P₂) – Morfotipos/subamostra <i>Capsicum chinense</i> Jacq.		Feminino (P₁) <i>Capsicum annuum</i>
Pimenta murupi	P ₂ – subamostra 1	Pimentão Casca Dura Ikeda
Pimenta curabiá amarela	P ₂ – subamostra 2	
Pimenta curabiá vermelha	P ₂ – subamostra 3	
Pimenta-de-cheiro	P ₂ – subamostra 4	
Pimenta-roxinha	P ₂ – subamostra 5	
Pimenta-vermelhinha	P ₂ – subamostra 6	

O preparo das mudas iniciou no dia 26/08/2012, com semeio das 6 subamostras dos genitores masculinos, pimentas que forneceram o pólen utilizado no cruzamento interespecífico. Foram utilizadas bandejas de polietireno, contendo 128 células, preenchidas com o substrato comercial Plantimax HT®. O mesmo substrato foi utilizado no preenchimento dos vasos, para os quais as mudas foram posteriormente transplantadas.

Para cada subamostra foram feitas 15 mudas, uma quantidade três vezes superior à necessária ao experimento. Após 10 dias do semeio das pimentas, as sementes de pimentão foram colocadas para germinar coincidindo, assim, os períodos de florações. Foram preparadas 54 mudas de pimentão, utilizando o mesmo processo realizado do semeio das pimentas. A condução da cultura, com os tratamentos culturais, seguiu as recomendações preconizadas pela Embrapa (2007), para a cultura do pimentão.

Passados 25 dias do semeio, as mudas dos genitores masculinos com maior vigor foram transplantadas para vasos plásticos de 8 litros, enquanto, os genitores femininos vigorosos tiveram o transplante realizado 35 dias posteriores ao semeio (Figura 3).



Figura 3 - Preparo das mudas para os cruzamentos. A – Semeio; B – Mudanças prontas para transplante; C – Mudanças transplantadas.

De um lado da bancada foram colocados vasos com mudas dos genitores masculinos e do outro os genitores femininos. Na irrigação das plantas utilizou-se mangueira manual e regador.

Dez dias após o transplante as plantas foram tutoradas e amarradas (Figura 4). Para os cruzamentos e obtenção da primeira geração híbrida – F_1 - foram produzidas 69 mudas de plantas de *Capsicum*, das quais 48 participaram dos cruzamentos e, as demais, utilizadas na substituição de plantas que morreram ou foram descartadas.



Figura 4 - Plantas tutoradas e amarradas

4.2 Obtenção dos híbridos interespecíficos e gerações segregantes

Inicialmente, foram realizados os cruzamentos entre as gerações fixas P₁ (Pimentão) e P₂ (subamostras de pimentas) para obtenção dos híbridos (F₁); posteriormente foram retrocruzados F₁ x P₂ (subamostras de pimentas) e F₁ x P₁ (Pimentão), gerando RC₁ e RC₂; a autopolinização de F₁ originou a geração segregante F₂; O conjunto de gerações que representou o material utilizado é demonstrado na tabela 1.

Tabela 1 - Conjunto de materiais utilizados, incluindo genitores e as gerações derivadas (F₁, F₂ e os retrocruzamentos).

Conjunto
P ₁ - Pimentão
P ₂ - Pimenta
F ₁ - Pimenta (♂) x Pimentão (♀)
F ₂ - F ₁ x F ₁
RC ₁ - Pimentão (♂) x F ₁ (♀)
RC ₂ - Pimenta (♂) x F ₁ (♀)

As etapas ocorreram uma após a outra para obtenção do material necessário à realização do trabalho, seguiram a ordem descrita no esquema da Figura 5.

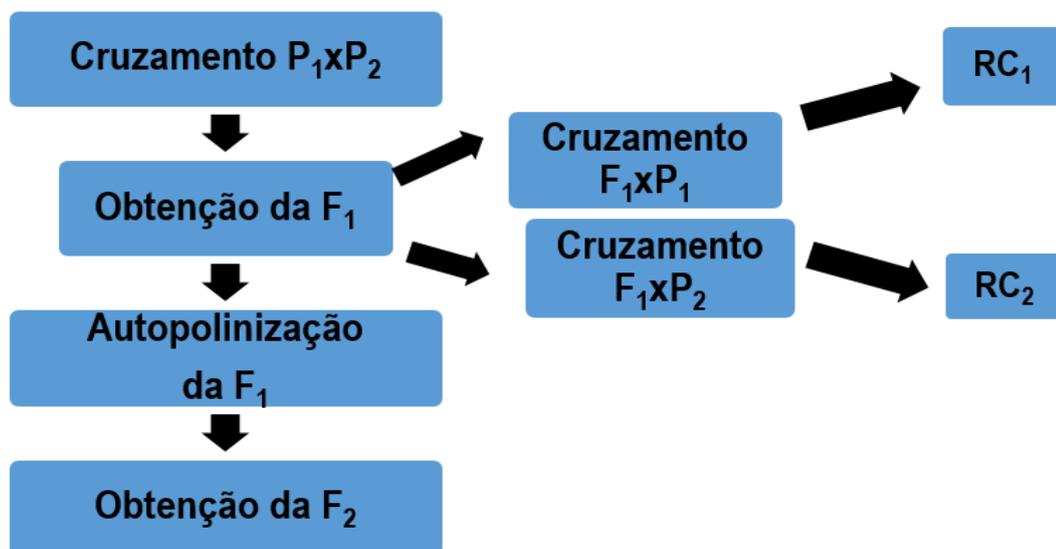


Figura 5 - Caracterização das etapas dos cruzamentos – Genitores: P₁ (*Capsicum annuum*) x P₂ (*Capsicum chinense*); gerações híbridas (F₁) e segregantes (F₂ e os retrocruzamentos – RC₁ e RC₂)

4.2.1 Cruzabilidade interespecífica

No primeiro cruzamento interespecífico foram utilizadas 6 subamostras de *Capsicum chinense* Jacq., cruzadas com o *Capsicum annuum* pimentão cultivado Ikeda. Houve a realização de 100 cruzamentos para cada subamostra, totalizando 600 cruzamentos, todos realizados pela manhã quando observado a derriça das anteras e a consequente liberação dos grãos de pólen, pelos genitores masculinos.

Nesses cruzamentos, utilizou-se flores de 5 plantas do genitor masculino - *Capsicum chinense* Jacq. para polinizar as flores de 9 plantas do genitor feminino - *Capsicum annuum*. A quantidade de plantas doadoras de pólen totalizou 30 plantas, enquanto as receptoras de pólen foram 54 plantas.

4.2.2 Preparação para polinização

Com o início da floração, tanto do genitor masculino como do genitor feminino, foi iniciada a polinização manual, ou seja, o início dos cruzamentos. Porém, as flores do genitor feminino tiveram que ser previamente preparadas para receber o pólen. Na fase da flor chamado de balão, na antese, as mesmas foram abertas com uma pinça e tiveram suas anteras - aparelho reprodutor masculino - retiradas. Essa prática, chamada de emasculação, evita que o genitor feminino se autopolinize, pois o mesmo é uma espécie autógama.

Após a retirada das anteras as flores foram protegidas com saquinhos feitos de papel de seda com tamanho 3x2 cm (Figura 6). Depois de colocados nas flores, os saquinhos foram presos com pequenos prendedores, para evitar contaminação de pólen indesejado. A atividade foi realizada na tarde do dia anterior à polinização.



Figura 5 - Emasculação e proteção do botão floral.

4.2.2.1 Polinização interespecífica - obtenção do híbrido F₁

Segundo Borém (2009), na hibridação de espécies autógamas os genitores são cruzados artificialmente, consistindo em uma prática relativamente simples. Nesta etapa do trabalho, com os genitores masculino e feminino em plena floração iniciaram-se as polinizações manuais, ou hibridação, que consistiram na colocação das anteras, da flor do genitor masculino - P₂ (*Capsicum chinense*) – doador do pólen - no estigma do genitor feminino – P₁ (*Capsicum annuum*).

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). Os botões foram emasculados na tarde do dia anterior à polinização, e protegidos com saquinhos de papel de seda de 3x2 cm. No dia seguinte, pela manhã, após a abertura das flores dos polinizadores P₁ e P₂, durante a fase de derrça, essas foram coletadas e utilizadas na polinização de P₁ após a retirada dos sacos de papel. De acordo com Oliveira (2014), a receptividade estigmática máxima foi observada no dia da antese, entre 9 e 12 h. A polinização manual é demonstrada na Figura 7.



Figura 6 - Polinização manual

Após a polinização a flor foi coberta com pequenos sacos, que foram fechados para evitar contaminação, etiquetados com data e nome da subamostra do genitor masculino. Durante as polinizações os genitores masculinos foram identificados por uma cor. Cada planta recebeu uma fita, com sua respectiva cor, a fita foi amarrada na base do caule das plantas. Pequenas fitas com a mesma cor respectiva ao P₂ – doador do pólen – foram amarradas no pedúnculo das flores polinizadas. O total de polinizações realizadas em cada dia, durante esse período, foi anotado em uma planilha impressa para cada subamostra dos genitores masculinos.

Advindos 5 dias das polinizações os saquinhos foram abertos, no caso de não polinizado ocorria a identificação na tabela como negativo. Nas concretizações dos cruzamentos esses saquinhos eram retirados, para que o pequeno fruto crescesse normalmente (Figura 8) e marcado positivo na tabela.



Figura 7 - Identificação e crescimento dos frutos.

A avaliação do percentual de pagamento foi realizado através da frequência relativa nas seis subamostras de pimenta em cruzamento com pimentão. De acordo com Alves (2015), a frequência relativa de um valor da variável, é representada por f_{ri} , ao quociente entre a frequência absoluta do valor da variável e o número total de observações, ou seja, $f_{ri} = \frac{f_i}{n}$, enquanto a frequência absoluta de um valor da variável é representada por f_i , ao número de vezes que esse valor foi observado. Tendo como propriedade da f_i e da f_{ri} : a soma das frequências absolutas é igual ao número total de observações, ou seja, $\sum f_i = n$; e a soma das frequências relativas é igual a um, ou seja, $\sum f_{ri} = 1$. No caso de se considerarem as frequências relativas em percentagem, essa soma é 100%.

Esta prática objetivou alcançar a conclusão da primeira fase dessa etapa do trabalho, a obtenção do híbrido F_1 , na qual foram realizados 600 cruzamentos. O esquema do cruzamento para obtenção da F_1 é demonstrado na Figura 9.

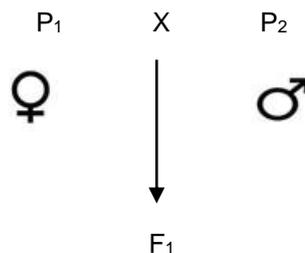


Figura 8 - Esquema do cruzamento para obtenção da F_1 , P_1 = pimentão Casca dura Ikeda - *Capsicum annuum* - constitui o genitor feminino; P_2 = 6 subamostras de *Capsicum chinense* Jacq. - genitores masculinos.

A maturação total dos frutos indicava o período de coleta dos frutos originados de todos os cruzamentos. As sementes extraídas dos híbridos F₁ foram lavadas, secas, selecionadas, armazenadas em saquinhos de alumínio e guardadas na geladeira. Sementes de cada uma das seis subamostras, foram colocadas para germinar, objetivando testar o poder germinativo dessas sementes, uma amostra contendo dez sementes de cada cruzamento, foi semeada em bandejas de isopor preenchidas com substrato comercial Plantimax HT. A avaliação do teste simples de germinação ocorreu no período de 7 a 14 dias, através da contagem das plantas germinadas e cálculo do percentual de germinação – PG, onde na equação $G = (N/100) \times 100$, N = número de sementes germinadas.

Todos os cruzamentos realizados seguiram um procedimento padrão, na obtenção das mudas, tratos culturais e preparo dos botões – emasculação – para a polinização manual. Todavia, as diversas características morfológicas, principalmente, das flores das subamostras de *Capsicum chinense* Jacq. implicaram na necessidade de ações específicas no momento dos cruzamentos. Efetuadas de acordo com a subamostra trabalhada, essas especificidades sugeriram tratamentos diferenciados durante a coleta do pólen. Dois híbridos F₁ foram selecionados para autopolinização que originou as gerações segregantes F₂.

4.3 Seleção do híbrido F₁ e da geração segregante F₂

A terceira fase do trabalho caracterizou-se pela seleção do híbrido F₁ e porvidoura obtenção da geração segregante F₂, que seguiria para a etapa final de campo. Sementes de dois híbridos (F₁ – Pimenta de cheiro e F₁ - Pimenta roxinha) foram selecionadas e colocadas para germinar. Aos 25 dias após o semeio 10

mudas, de cada um dos híbridos F₁, foram transplantadas para vasos plásticos de 8 litros.

O início do florescimento ocorreu 23 dias seguintes ao transplântio, as flores dos dois híbridos foram observadas e medidas, com o objetivo de identificar a planta que apresentasse flores com maiores tamanhos, que as dos genitores masculinos *Capsicum chinense* Jacq., característica que facilita o manuseio das flores e a realização dos cruzamentos. Além disso, as particularidades sobre dispersão do pólen, resistência, número de flores e características dos frutos foram observadas.

Apresentando as características desejáveis e satisfatórias ao manuseio, a F₁ pimenta de cheiro foi selecionada para as próximas etapas do trabalho, obtenção de sementes da geração F₂ e os retrocruzamentos.

4.3.1 Seleção dos Híbridos F₁

Dentre os híbridos obtidos nos cruzamentos realizados entre a amostra de *Capsicum annuum* e as seis subamostras de *Capsicum chinense*, após serem submetidos ao teste de germinação, foram selecionados dois híbridos: F₁ pimenta de cheiro e F₁ pimenta roxinha. Características das flores e frutos auxiliaram na seleção.

Sementes desses dois híbridos foram colocadas para germinar, e durante o período de floração, suas flores passaram por avaliações de acordo com a dispersão do pólen e características fenotípicas dos frutos. Anteriormente os genitores masculinos – P₂ – passaram pela mesma avaliação. A avaliação comparou resultado das particularidades das gerações: subamostra de P₂ – Pimenta de cheiro; subamostra de P₂ - pimenta roxinha; F₁ Pimenta de cheiro e F₁ pimenta roxinha.

A análise avaliou as características: 1- tamanho da flor; 2 - horário de dispersão do pólen; 3 – relação de flores polinizadas no cruzamento; 4 – resistência ao manuseio durante os cruzamentos; 5 – quantidade de flores disponíveis nas plantas; 6 – tamanho dos frutos dos híbridos F_1 .

A amostra utilizada para avaliação dos híbridos conteve 10 plantas, representantes de cada híbrido selecionado. Quando 50% das plantas apresentavam flores, dez foram selecionadas aleatoriamente, das quais, uma média quanto ao tamanho (diâmetro) foi retirada. Além disso, particularidades sobre dispersão do pólen, resistência, número de flores e demais características consistiram nas observações.

Antes do amadurecimento dez frutos híbridos, de cada planta, foram colhidos aleatoriamente medidos e pesados, estes, conceberam a amostra que os representou.

4.3.2 Obtenção da F_2

O reduzido número de frutos coletados para avaliação da etapa anterior (seleção do híbrido F_1), manteve aptas à utilização das plantas do híbrido F_1 pimenta de cheiro. Depois do descarte dos frutos e flores indesejáveis, as plantas foram adubadas de acordo com as recomendações de adubação de cobertura preconizadas pela Embrapa (2007), para o pimentão.

Após a emissão dos novos botões florais, esses, quando alcançaram a fase de balão foram cobertos com saquinhos de papel de seda (Figura 10), evitando assim contaminação por pólen indesejado. A autopolinização das flores do híbrido F_1 pimenta de cheiro deu origem à geração segregante F_2 – pimenta de cheiro.



Figura 9 - Botões florais cobertos para autopolinização – geração F_2

Dentre as 10 plantas empregadas na obtenção da geração segregante F_2 foram protegidos 200 botões florais antes da antese, cada planta conteve vinte botões selecionados para a autopolinização. Todos os frutos no estágio maduro foram coletados e tiveram suas sementes extraídas, secas e armazenadas na geladeira. As sementes autofecundadas totalizaram 1680, no entanto, apenas 500 sementes foram selecionadas para o preparo das mudas necessárias na última etapa do trabalho.

Após a colheita dos frutos, as plantas do híbrido F_1 que geraram as sementes da geração segregante F_2 foram eliminadas. Novas mudas constituíram as plantas empregadas na obtenção das gerações segregantes dos retrocruzamentos - RC_1 e RC_2 .

4.4 Obtenção de sementes das gerações retrocruzadas – RC₁ e RC₂

O cruzamento entre o híbrido F₁ e um dos seus genitores é denominado retrocruzamento (BORÉM, 2009). Os retrocruzamentos incidiram a quinta e última fase dessa etapa do trabalho, no Primeiro Local do experimento foram utilizadas as gerações P₁, P₂ e híbrido F₁ – pimenta de cheiro, para os dois retrocruzamentos realizados: RC₁ – cruzamento do híbrido F₁ com P₁ - *Capsicum annuum* (P₁ = Pimentão Ikeda) e RC₂ – cruzamento do híbrido F₁ com P₂ *Capsicum chinense* Jacq.. (P₂ = Pimenta de cheiro). O híbrido F₁ recebeu o pólen de P₁ e P₂.

O retrocruzamento consistiu em primeiro colocar as sementes da F₁ - pimenta de cheiro para germinar. A condução da cultura, com os tratos culturais seguiram as recomendações preconizadas pela Embrapa (2007), para a cultura do pimentão. Após 25 dias nas bandejas, as mudas foram passadas para vasos de 8 litros. Para os retrocruzamentos foram empregados 10 vasos com P₁, 10 vasos com P₂ e 10 vasos com F₁ pimenta de cheiro. O semeio do pimentão comercial Ikeda e da pimenta de cheiro, ocorreu 10 dias antes do semeio do híbrido F₁.

No período de florescimento do híbrido F₁ os botões florais na antese, ou seja, antes da abertura e ainda na fase de balão, foram emasculados na tarde do dia anterior à polinização, e protegidos com saquinhos de papel de seda de 3x2 cm. No dia seguinte, pela manhã, após a abertura das flores dos polinizadores P₁ e P₂, durante a fase de derriça, essas foram coletadas e utilizadas na polinização das flores do híbrido F₁. Os saquinhos de papel foram retirados das flores emasculadas e a polinização manual executada, através da colocação das anteras com pólen das flores da pimenta de cheiro e do pimentão no gineceu e estigma das flores do híbrido F₁, concretizando assim os retrocruzamentos.

Todas as flores polinizadas foram protegidas com saquinhos de papel de seda, presos com prendedores, etiquetados, numerados e identificados com fio colorido para diferenciar os retrocruzamentos: RC₁ – azul; RC₂ – rosa.

A quantidade de flores polinizadas foi registrada diariamente na ficha de identificação para cada retrocruzamento realizado. Após 5 dias da polinização os saquinhos eram retirados e conferia-se a quantidade de pegamentos, ou seja, fecundação dos mesmos. Foram realizados 200 retrocruzamentos, 100 com a utilização do P₁ e 100 com P₂. As 10 plantas de F₁ foram utilizadas nos dois retrocruzamentos. Os botões identificados com fitas nas cores rosa para RC₁ e azul para RC₂ evitaram conflitos durante os cruzamentos.

4.4.1 Obtenção da geração segregante RC₁ e RC₂

Retrocruzamento 1 ou RC₁ consistiu no cruzamento entre pimentão – como o genitor masculino doador de pólen – e o híbrido F₁ pimenta de cheiro – selecionado nas etapas anterior e agora genitor feminino receptor do pólen. Enquanto o retrocruzamento 2 ou RC₂ consistiu no cruzamento entre o genitor subamostra pimenta de cheiro P₂ – como doadores de pólen – e o híbrido F₁ pimenta de cheiro – selecionado nas etapas anterior e agora receptor do pólen.

As polinizações sucederam durante 38 dias, nos quais 100 botões foram emasculados e polinizados para cada retrocruzamento. O tamanho da flor do pimentão auxiliou na rapidez dos cruzamentos. Todos os frutos no estágio maduro foram coletados e tiveram suas sementes extraídas, secas e armazenadas na geladeira para posterior utilização na segunda etapa, o experimento na Embrapa.

A Figura 11 demonstra o retrocruzamento 1 e a Figura 12 demonstra a realização do retrocruzamento 2.

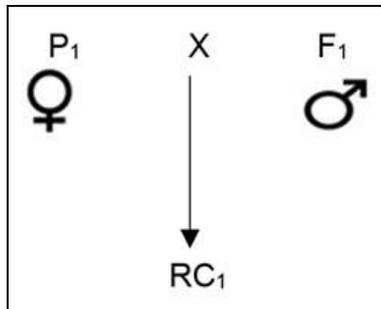


Figura 11 - RC₁ – retrocruzamento com P₁ (pimentão - *Capsicum annuum*)

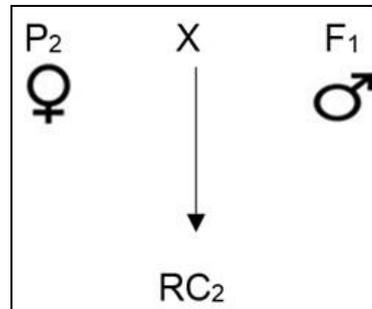


Figura 12 - RC₂ – retrocruzamento com P₂ (pimenta de cheiro – *Capsicum chinense* Jacq.)

A conclusão de todas as fases dessa primeira etapa caracterizou a obtenção das sementes dos híbridos F₁; gerações segregantes F₂, RC₁, RC₂ cultivados em casa de vegetação. Essas gerações juntamente com os genitores P₁ e P₂ seguiram para a segunda etapa do trabalho, a céu aberto.

4.5 Instalação dos Experimentos de Avaliação

A segunda etapa do trabalho foi realizada na Embrapa Amazônia Ocidental, conduzido em área medindo 15x50 m, a céu aberto (Figura 10). Nesta etapa foram utilizadas as sementes das gerações obtidas na fase de cruzamento, retrocruzamentos e autopolinizações, que depois de extraídas dos frutos e secas durante três a cinco dias, foram selecionadas, embaladas em papel de alumínio e colocadas na geladeira, para serem utilizadas no plantio dessa etapa do trabalho.



Figura 13 - Área de condução do experimento

O semeio, para a obtenção das mudas, foi realizado no mês de setembro de 2014, em bandejas de isopor com 128 células preenchidas com substrato fornecido pelo setor de plantas medicinais da Embrapa Amazônia Ocidental, que se constituiu em: uma parte de terriço; uma parte de matéria orgânica de origem animal; uma parte de areia. Foram levadas para o campo as seguintes gerações: P₁, P₂, F₁, F₂, RC₁, RC₂.

A quantidade de mudas preparadas variou de acordo com a necessidade de cada geração. Foram preparadas uma quantidade 15% superior à necessária para o plantio. O total de mudas equivaleu a 828 plantas, conforme descrito no Quadro 3.

Quadro 3 - Quantidade de plantas utilizadas no plantio de campo

Gerações	Mudas preparadas	Plantas necessárias para o experimento
P ₁	69	60
P ₂	69	60
F ₁	69	60
F ₂	345	300
RCP ₁	138	120
RCP ₂	138	120
Total de plantas	828	720

As mudas foram transplantadas para o campo 25 dias após o semeio, em linhas de 15 metros com espaçamento de 0,7 metros entre plantas e 1,0 metros entre linhas.

O experimento foi conduzido no delineamento experimental blocos casualizados com três repetições, sendo os tratamentos constituídos pelas gerações. Cada parcela foi representada por uma fileira de 15 m para as gerações parentais (P_1 e P_2) e híbrido F_1 , duas fileiras de 15m para as gerações RC_1 e RC_2 e cinco fileiras de 15m para a geração F_2 . As parcelas constituíram de 36 fileiras. Nas gerações parentais (P_1 e P_2), F_1 e nas demais gerações, cada fileira foi constituída de 20 plantas, com total de 240 plantas por bloco. A disposição das plantas nos blocos com 12 fileiras em cada bloco que seguiu o resultado do sorteio (Figura 14).

QT. Plant.	F2					RCP1		F1	P1	RCP2		P2
1	o	o	o	o	o	x	x	Δ	φ	*	*	□
2	o	o	o	o	o	x	x	Δ	φ	*	*	□
3	o	o	o	o	o	x	x	Δ	φ	*	*	□
4	o	o	o	o	o	x	x	Δ	φ	*	*	□
5	o	o	o	o	o	x	x	Δ	φ	*	*	□
6	o	o	o	o	o	x	x	Δ	φ	*	*	□
7	o	o	o	o	o	x	x	Δ	φ	*	*	□
8	o	o	o	o	o	x	x	Δ	φ	*	*	□
9	o	o	o	o	o	x	x	Δ	φ	*	*	□
10	o	o	o	o	o	x	x	Δ	φ	*	*	□
11	o	o	o	o	o	x	x	Δ	φ	*	*	□
12	o	o	o	o	o	x	x	Δ	φ	*	*	□
13	o	o	o	o	o	x	x	Δ	φ	*	*	□
14	o	o	o	o	o	x	x	Δ	φ	*	*	□
15	o	o	o	o	o	x	x	Δ	φ	*	*	□
16	o	o	o	o	o	x	x	Δ	φ	*	*	□
17	o	o	o	o	o	x	x	Δ	φ	*	*	□
18	o	o	o	o	o	x	x	Δ	φ	*	*	□
19	o	o	o	o	o	x	x	Δ	φ	*	*	□
20	o	o	o	o	o	x	x	Δ	φ	*	*	□

Figura 14 - Disposição das gerações no bloco 1

Os tratos culturais foram realizados de acordo com as recomendações da Embrapa (2007). Todas as parcelas foram identificadas com plaquinhas que descreviam a respectiva geração e o bloco ao qual pertenciam as plantas (Figura 15).



Figura 15 - Identificação das parcelas no campo experimental

4.6 Caracteres avaliados

Para a caracterização das gerações foram avaliados os seguintes descritores recomendados pelo International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI, 1995):

Sementes: - Número de sementes por fruto (contagem do número total de sementes de 10 frutos); - Cor da semente (palha, amarela ou marrom escuro).

Flores: - Dias para o florescimento (número de dias após o transplante quando 50% das plantas estiverem com pelo menos uma flor aberta); - Número de flores por axila (uma, duas, três, muitas flores no rácimo, mas cada uma em uma axila individual); - Posição da flor (pendente, intermediária ou ereta); - Cor da corola (branco, amarelo claro, amarelo, amarelo esverdeado, roxo com a base branca, branca com a base púrpura, roxa e outra); - Cor das anteras (branco, amarelo, azul pálido, azul, roxa e outro).

Fruto: - Coloração do fruto no estágio intermediário (branco, amarelo, verde, alaranjado, roxo, roxo escuro e outro); - Coloração do fruto no estágio maduro (branco, amarelo-limão, amarelo-laranja pálido, amarelo laranja, laranja pálido, laranja, vermelho claro, vermelho, vermelho escuro, roxo, marrom e vinho); - Forma do fruto (alongado, ovulado, triangular, campanulado, quadrado e sino); - Superfície

do fruto (liso, semi-rugoso e rugoso); - Peso de frutos por planta (somatório do peso em gramas de 10 frutos colhidos); – Comprimento do fruto (média em cm, observada dos 10 frutos na segunda colheita); – Largura do fruto (média em cm, observada dos 10 frutos na segunda colheita); - Pescoço na base do fruto (presente e ausente); - Persistência do fruto maduro (Persistência do pedicelo ao fruto; Persistência do pedicelo a haste); – Pungência (ausente, presente); – Aroma (ausente, presente).

Planta: - Altura de planta (calculada em centímetros partir da inserção no solo até o ponto mais alto). Esse parâmetro se registra quando se inicia a maturação dos frutos em 50% das plantas; - Número de dias para início do florescimento (a partir da semeadura – 50% das plantas com pelo menos uma flor aberta); - Número de dias para frutificação (a partir da semeadura - 50% das plantas com frutos); - Hábito de crescimento (prostrado, intermediário, ereto ou outro).

A quantidade de plantas utilizadas na caracterização das gerações foi estabelecida de acordo com a geração. As avaliações foram realizadas em plantas individuais. Foi tomada a média de 10 observações por planta para os caracteres de fruto e sementes. Todas as gerações foram avaliadas em campo, bem como no laboratório no período de pós-colheita. O Quadro 4 demonstra o número de plantas avaliadas.

Quadro 4 - Quantidade de plantas avaliadas

Gerações	Nº de plantas avaliadas por parcela	Nº de plantas avaliadas no experimento
P ₁	10	30
P ₂	10	30
F ₁	10	30
F ₂	20	300
RC ₁	20	120
RC ₂	20	120
Total de plantas caracterizadas		630

4.7 Análises genético-estatísticas

Todas as análises genético-estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa Microsoft® Office Excel 2013 e o programa computacional em genética e estatística, GENES, versão 2014.6.1 (Cruz, 2013).

A partir dos dados obtidos dos genitores e das gerações F₁, F₂ e retrocruzamentos foram feitos estudos com médias e variâncias.

4.7.1 Estudo genético das variâncias das gerações

A partir da análise das variâncias das gerações, foram obtidas as seguintes estimativas:

a) Variância ambiental ($\hat{\sigma}_E^2$):

$$\hat{\sigma}_E^2 = 1/4 (\hat{\sigma}_{P1}^2 + \hat{\sigma}_{P2}^2 + 2\hat{\sigma}_{F1}^2)$$

b) Variância fenotípica ($\hat{\sigma}_F^2$):

$$\hat{\sigma}_F^2 = \hat{\sigma}_{F2}^2$$

c) Variância genotípica ($\hat{\sigma}_G^2$):

$$\hat{\sigma}_G^2 = \hat{\sigma}_{F2}^2 - \hat{\sigma}_E^2$$

d) Variância aditiva ($\hat{\sigma}_A^2$):

$$\hat{\sigma}_A^2 = 2\hat{\sigma}_{F2}^2 - (\hat{\sigma}_{RC1}^2 + \hat{\sigma}_{RC2}^2)$$

e) Variância dos desvios da dominância ($\hat{\sigma}_D^2$):

$$\hat{\sigma}_D^2 = \hat{\sigma}_{F_2}^2 - \hat{\sigma}_A^2 - \hat{\sigma}_E^2$$

f) Herdabilidade no sentido amplo (\hat{h}_a^2):

$$\hat{h}_a^2 = \frac{\hat{\sigma}_G^2}{\hat{\sigma}_A^2 + \hat{\sigma}_D^2 + \hat{\sigma}_E^2}$$

g) Herdabilidade no sentido restrito (\hat{h}_r^2):

$$\hat{h}_r^2 = \frac{\hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_A^2 + \hat{\sigma}_D^2 + \hat{\sigma}_E^2}$$

h) O grau médio de dominância ($g\hat{m}d$)

$$K = \sqrt{\frac{2 \hat{\sigma}_D^2}{\hat{\sigma}_A^2}}$$

i) Número mínimo de genes envolvidos na determinação do caráter (η):

$$\eta = \frac{A^2 (1 + 0,5K^2)}{8\hat{\sigma}_G^2}$$

Em que:

$\hat{\sigma}_{P_1}^2$, $\hat{\sigma}_{P_2}^2$, $\hat{\sigma}_{F_1}^2$, $\hat{\sigma}_{F_2}^2$, $\hat{\sigma}_{RC_1}^2$ e $\hat{\sigma}_{RC_2}^2$, são as estimativas da variância nas gerações P₁, P₂,

F₁, F₂, RC₁ e RC₂, respectivamente. A é a amplitude total na F₂.

4. 7. 2 Estudo genético das médias das gerações

A análise das médias das gerações foi avaliada levando-se em conta tanto o modelo completo (m, a, d, aa, ad, dd) quanto o modelo aditivo-dominante (m, a, d).

Os efeitos do modelo completo foram estimados a partir do método dos mínimos quadrados ordinários (CRUZ et al., 2012).

Admitindo-se que o valor médio associado a cada geração é:

$$P_1 = m + a + aa$$

$$P_2 = m - a + aa$$

$$F_1 = m + d + dd$$

$$F_2 = m + \frac{1}{2} d + \frac{1}{4} dd$$

$$RC_1 = m + \frac{1}{2} a + \frac{1}{2} d + \frac{1}{4} aa + \frac{1}{4} ad + \frac{1}{4} dd$$

$$RC_2 = m - \frac{1}{2} a + \frac{1}{2} d + \frac{1}{4} aa - \frac{1}{4} ad + \frac{1}{4} dd$$

Em que,

m: é a média dos homozigotos

a: é o efeito aditivo

d: é o efeito de dominância

aa: é a interação epistática aditiva x aditiva

ad: é a interação epistática aditiva x dominante

dd: é a interação epistática dominante x dominante

O sistema de equações estabelecido pelas médias de cada geração é representado na forma matricial $Y = X\beta + \varepsilon$, sendo:

$$Y = \begin{bmatrix} \overline{P_1} \\ \overline{P_2} \\ \overline{F_1} \\ \overline{F_2} \\ \overline{RC_1} \\ \overline{RC_2} \end{bmatrix} X = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1/2 & 1/2 & 0 & 0 & 1/4 \\ 1 & -1/2 & 1/2 & 1/4 & 1/4 & 1/4 \\ 1 & -1/2 & 1/2 & 1/4 & -1/4 & 1/4 \end{bmatrix} \beta = \begin{bmatrix} m \\ a \\ d \\ aa \\ ad \\ dd \end{bmatrix} \varepsilon = \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \\ e_4 \\ e_5 \\ e_6 \end{bmatrix}$$

Em que,

Y: é o vetor de médias de gerações

X: é a matriz de coeficientes

β : é o vetor de parâmetros genéticos a serem estimados

ε : é o vetor de erro associado a cada média

Deste modo foram estimados os parâmetros:

$$\hat{m} = 1/2\overline{P_1} + 1/2\overline{P_2} + 4\overline{F_2} - 2\overline{RC_1} - 2\overline{RC_2}$$

$$\hat{a} = 1/2\overline{P_1} - 1/2\overline{P_2}$$

$$\hat{d} = -3/2\overline{P_1} - 3/2\overline{P_2} - \overline{F_1} - 8\overline{F_2} + 6\overline{RC_1} + 6\overline{RC_2}$$

$$\hat{aa} = -4\overline{F_2} + 2\overline{RC_1} + 2\overline{RC_2}$$

$$\hat{ad} = -\overline{P_1} + \overline{P_2} + 2\overline{RC_1} - 2\overline{RC_2}$$

$$\hat{dd} = \overline{P_1} + \overline{P_2} + 2\overline{F_1} + 4\overline{F_2} - 4\overline{RC_1} - 4\overline{RC_2}$$

Para testar a significância das hipóteses de que cada parâmetro é nulo ($H_0: \beta_i = 0$), utilizou-se a estatística t.

$$t_{calc} = \frac{\hat{\beta}_i - \beta_i}{\sqrt{\hat{V}(\hat{\beta}_i)}}$$

Em que o número de graus de liberdade associado é correspondente à soma dos graus de liberdade de cada geração envolvida na estimação do parâmetro. A variância atribuída a cada efeito foi obtida aplicando-se as propriedades de variância em cada expressão do estimador do respectivo parâmetro genético e admitindo-se que as médias são independentes. A variância de cada efeito foi obtida aplicando-se as propriedades de variância em cada expressão do estimador do respectivo parâmetro genético, logo:

$$\hat{V}(\hat{m}) = 1/4 \hat{V}(\bar{P}_1) + 1/4 \hat{V}(\bar{P}_2) + 16\hat{V}(\bar{F}_2) + 4\hat{V}(\overline{RC}_1) + 4\hat{V}(\overline{RC}_2)$$

$$\hat{V}(\hat{a}) = 1/4 \hat{V}(\bar{P}_1) + 1/4 \hat{V}(\bar{P}_2)$$

$$\hat{V}(\hat{d}) = 9/4 \hat{V}(\bar{P}_1) + 9/4 \hat{V}(\bar{P}_2) + \hat{V}(\bar{F}_1) + 64\hat{V}(\bar{F}_2) + 36\hat{V}(\overline{RC}_1) + 36\hat{V}(\overline{RC}_2)$$

$$\hat{V}(\hat{a}\hat{a}) = 16\hat{V}(\bar{F}_2) + 4\hat{V}(\overline{RC}_1) + 4\hat{V}(\overline{RC}_2)$$

$$\hat{V}(\hat{a}\hat{d}) = \hat{V}(\bar{P}_1) + \hat{V}(\bar{P}_2) + 4\hat{V}(\overline{RC}_1) + 4\hat{V}(\overline{RC}_2)$$

$$\hat{V}(\hat{d}\hat{d}) = \hat{V}(\bar{P}_1) + \hat{V}(\bar{P}_2) + 4\hat{V}(\bar{F}_1) + 16\hat{V}(\bar{F}_2) + 16\hat{V}(\overline{RC}_1) + 16\hat{V}(\overline{RC}_2)$$

Em que,

$$\hat{V}(\bar{P}_1) = \hat{\sigma}_{P_1}^2 / \text{número de indivíduos da geração } P_1$$

$$\hat{V}(\bar{P}_2) = \hat{\sigma}_{P_2}^2 / \text{número de indivíduos da geração } P_2$$

$$\hat{V}(\bar{F}_1) = \hat{\sigma}_{F_1}^2 / \text{número de indivíduos da geração } F_1$$

$$\hat{V}(\bar{F}_2) = \hat{\sigma}_{F_2}^2 / \text{número de indivíduos da geração } F_2$$

$$\hat{V}(\overline{RC}_1) = \hat{\sigma}_{RC_1}^2 / \text{número de indivíduos da geração } RC_1$$

$$\hat{V}(\overline{RC}_2) = \hat{\sigma}_{RC_2}^2 / \text{número de indivíduos da geração } RC_2$$

Os graus de liberdade associados à estatística t foram dados pela soma dos graus de liberdade associados à variância de cada geração que constitui a

expressão do estimador. A soma de quadrados de parâmetros foi decomposta em somas de quadrados atribuídas a cada efeito individual, ajustada para os demais efeitos, pelo método de Eliminação de Gauss, que consiste em obter, por operações elementares nas linhas (~...~), as matrizes $[T|W]$, onde T é a triangular superior e W um vetor de dimensão equivalente à de Y, ou seja:

$$[X' D^{-1}X \mid X' D^{-1}Y] \sim \dots \sim [T \mid W]$$

Em que,

D é a matriz diagonal, cujos elementos não-nulos são as variâncias das médias de cada geração. Obteve-se então a soma de quadrados ajustada dos efeitos gênicos:

$$SQ(\hat{\beta}_n \mid \hat{\beta}_1, \dots, \hat{\beta}_{n-1}) = (W_n)^2 / t_{nm}$$

Em que,

T_{nm}: é o elemento de ordem n x n na matriz T

W_n: é o elemento de ordem n do vetor W

Os efeitos genéticos também foram estimados através da análise das médias das gerações segundo o modelo aditivo-dominante. As estimativas dos parâmetros da média das linhagens genitoras e dos efeitos aditivos e dominantes foram obtidas de acordo com o método dos quadrados mínimos ponderados, utilizando-se como pesos a razão inversa das variâncias médias de cada geração, cuja notação matricial seguinte:

$$\hat{\beta} = (C'NS^{-1}C)^{-1}(C'NS^{-1}Y)$$

Em que,

$\hat{\beta}$: é o vetor 3 x 1 de estimativas dos componentes de médias;

$$\hat{\beta} = \begin{bmatrix} m \\ a \\ d \end{bmatrix}$$

C: é a matriz 6 x 3 que possui os coeficientes dos efeitos gênicos;

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0,5 \\ 1 & 0,5 & 0,5 \\ 1 & -0,5 & 0,5 \end{bmatrix}$$

N: é a matriz diagonal 6 x 6 do número de plantas de cada geração;

$$N = \begin{bmatrix} n(P_1) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & n(P_2) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & n(F_1) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & n(F_2) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & n(RC_1) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & n(RC_2) \end{bmatrix}$$

S: é a matriz diagonal 6 x 6 das variâncias de cada geração;

$$S = \begin{bmatrix} \hat{\sigma}^2(P_1) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \hat{\sigma}^2(P_2) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \hat{\sigma}^2(F_1) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \hat{\sigma}^2(F_2) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \hat{\sigma}^2(RC_1) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \hat{\sigma}^2(RC_2) \end{bmatrix}$$

Y : é o vetor 6 x 1 de médias observadas em cada geração;

$$Y = \begin{bmatrix} \bar{P}_1 \\ \bar{P}_2 \\ \bar{F}_1 \\ \bar{F}_2 \\ \bar{RC}_1 \\ \bar{RC}_2 \end{bmatrix}$$

A matriz de ponderações do modelo é formada pelo conjunto NS^{-1} , o qual tem a função de aumentar a precisão das estimativas, já que as variâncias de cada geração são obtidas de números diferentes de plantas, de forma que o modelo se torne menos tendencioso na obtenção dos componentes de médias (MATHER & JINKS, 1984).

A soma de quadrados dos parâmetros também foi decomposta em somas de quadrados atribuídas a cada efeito individual, ajustadas para os demais efeitos, pelo método de Eliminação de Gauss.

A partir das médias de cada geração avaliada, foi estimado o grau médio de dominância (GMD):

$$GMD = \frac{2\bar{F}_1 - (\bar{P}_1 + \bar{P}_2)}{\bar{P}_1 - \bar{P}_2}$$

Em que,

$\bar{P}_1, \bar{P}_2, \bar{F}_1$ são as médias das gerações F_1, P_1 e P_2 , respectivamente.

Em seguida foi estimada a heterose pela seguinte expressão:

$$\hat{h} = \bar{F}_1 - \frac{\bar{P}_1 + \bar{P}_2}{2}$$

4. 7. 3 Estudo da relação entre caracteres de fruto

Foram obtidos os coeficientes de correlação de Pearson (r) para caracteres de fruto, a partir da seguinte expressão:

$$r = \frac{\sum_{j=1}^n (X_j - \bar{X})(Y_j - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{j=1}^n (X_j - \bar{X})^2 \cdot \sum_{j=1}^n (Y_j - \bar{Y})^2}}$$

Para testar a significância da hipótese de que o coeficiente de correlação populacional r é nulo ($H_0: r = 0$), aplicou-se o teste t ao nível de significância de 5%, com $n - 2$ graus de liberdade. Em que, n é o número de pares de observações das variáveis X e Y.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os cruzamentos interespecíficos geraram frutos híbridos com sementes viáveis. Os resultados corroboram com os dados encontrados em estudos realizados por Alves (2015) que afirma, em sua análise de variância, não existir efeito significativo dos tratamentos no vingamento de frutos, 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*, *C. annuum* e *C. pubescens*, as quais não produziram frutos ou nos frutos vingados não houve formação de sementes viáveis, resultado também observado por (PICKERSGILL, 1980).

Foram efetuados 600 cruzamentos manuais, no entanto, em menos de 50% dessas flores a polinização foi concretizada, sendo obtidos 284 frutos. Duas subamostras apresentaram percentual de pegamento com valores um pouco acima dos 50%. O menor percentual ficou abaixo de 40%. Contudo, 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%. O resultado dos percentuais de pegamento dos frutos alcançados nessa pesquisa está demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2 - Percentual de pegamento dos cruzamentos entre *Capsicum annuum* x *Capsicum chinense* Jacq.

Cruzamentos interespecíficos			
Genitor feminino – P1 - <i>Capsicum annuum</i>	Genitor masculino – P2 - <i>Capsicum chinense</i> Jacq.	Nº de botões polinizados	% pegamento
Pimentão Comercial Cascadura Ikeda	Murupi	100	38%
	Curabiá amarela	100	48%
	Curabiá vermelha	100	53%
	Pimenta de cheiro	100	47%
	Roxinha	100	47%
	Pimenta vermelhinha	100	51%

A média de pegamento dos frutos alcançou 47%. Os frutos apresentavam uma quantidade de sementes inferior à dos genitores, porém, com alto grau de fertilidade e poder germinativo. Esses resultados demonstram a viabilidade do cruzamento entre espécies de *C. annuum* e *C. chinense* Jacq. Entretanto, os valores médios de vingamento de frutos observados no presente trabalho (38 a 53%) 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.

5.1 Cruzamentos entre *Capsicum annuum* e *Capsicum chinense* Jacq.

A variação no tamanho das flores (Figura 16) dos genitores masculinos e o horário de dispersão do pólen, que ocorreu em horários distintos em cada genitor, interferiu na realização dos cruzamentos.

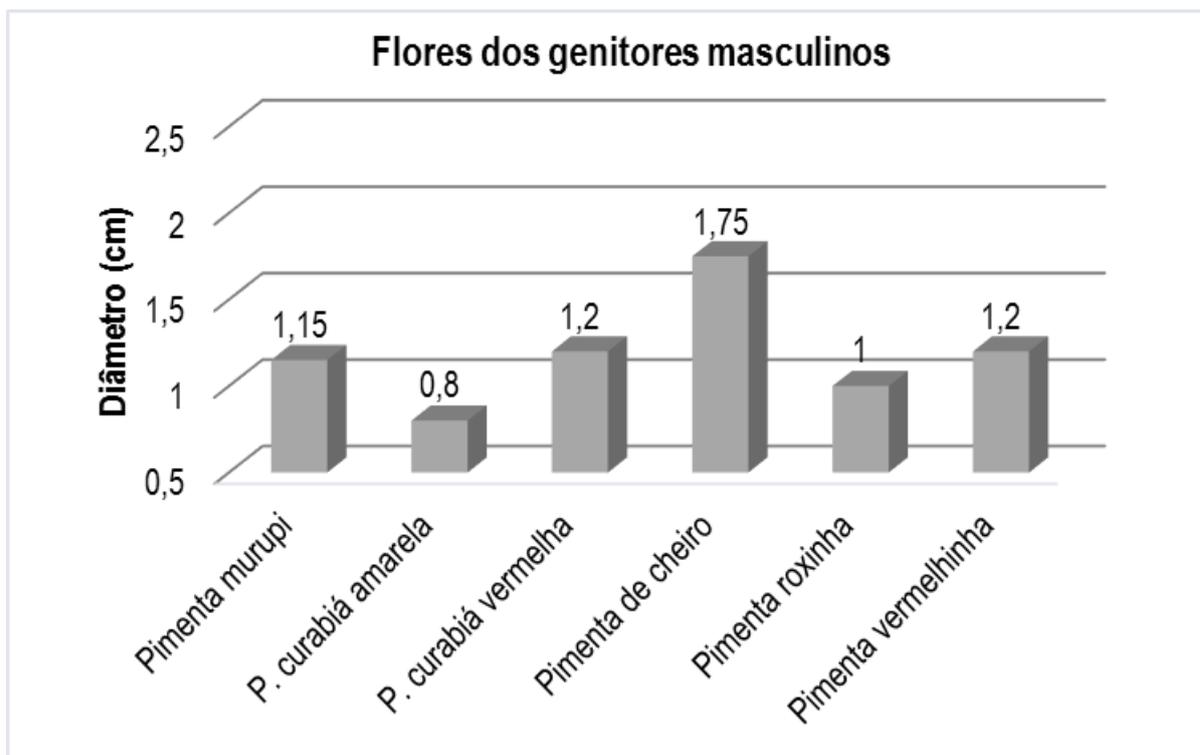


Figura 16 - Média do diâmetro de 10 flores de P₂ - *Capsicum chinense* Jacq. (genitores masculinos)

As flores dos genitores masculinos curabiá amarela e pimenta roxinha apresentaram flores com o menor diâmetro, medindo abaixo de 1 cm, o que dificultou o seu manuseio; flores da pimenta de cheiro obtiveram diâmetro médio maior que 1,5 cm.

Quanto ao pimentão, genitor feminino, o maior grau de receptividade do estigma foi observado pela presença de secreção com aspecto viscoso, em determinado período da manhã. Estudos realizados por Oliveira (2014) demonstram que o pico da receptividade estigmática e liberação de grão de pólen nas flores de pimentas, como a malagueta, ocorrem principalmente durante a manhã, no dia da antese, entre 9 e 12 h. No decorrer do dia a diminuição dessa secreção resultava em baixo índice de polinização e menor pegamento de frutos. Os cruzamentos realizados em ocasião anterior ou posterior a esse período tiveram baixo pegamento, menor que 40% do total de cruzamentos. As flores do pimentão (P₁)

tinham o dobro do tamanho médio apresentados pelas pimentas (P₂), alcançando até 3 cm de diâmetro (Figura 17).

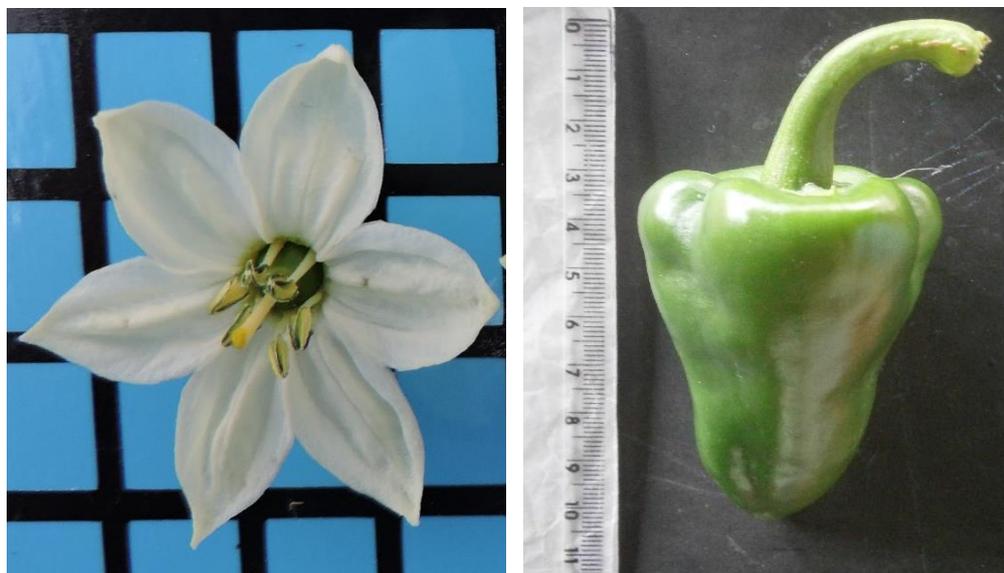


Figura 17 - Flor e fruto de pimentão *Capsicum annuum*

a) Combinações pimentão Cascadura Ikeda x subamostra pimenta murupi

As plantas dessa subamostra apresentaram grande quantidade de flores, porém, com tamanho pequeno, frágeis e demora na abertura das anteras para derriça do pólen. Houve a necessidade de um período de atenta observação, com o objetivo de identificar o momento exato de ocorrência da derriça do pólen, nessa subamostra.

A antese acontecia no final da manhã e período da tarde; a deiscência das anteras ocorria somente no período da tarde, geralmente a partir das 14h, no dia seguinte à antese. Na pesquisa realizada por Cruz (2009), nas flores que abriram à tarde, após às 16:00 horas, a deiscência das anteras só ocorreu na manhã do dia seguinte. Esses resultados estão de acordo com dados de Aleemullah et al. (2000) que também observaram esse padrão de abertura em flores de *C. annuum* na

Austrália. Porém, a deiscência das anteras, no dia posterior à antese, ocorreu em flores que abriram após às 17:00 horas. Segundo esses autores, o padrão de deiscência das anteras sugere que esse evento é parcialmente controlado por ritmos endógenos da flor.

Após 10 dias de realização dos cruzamentos a quantidade de frutos vingados demonstrava ser inferior às demais subamostras. Em determinados momentos as flores foram coletadas no dia anterior aos cruzamentos, ficando armazenadas na geladeira, para que pudessem ser utilizadas nas polinizações realizadas no período matutino, horário em que os estigmas das flores emasculadas do pimentão apresentavam alta receptividade. Sendo esse armazenamento, um possível fator responsável pelo índice de apenas 38% de pegamento, nos cruzamentos realizados. Características da subamostra pimenta murupi estão descritas no Quadro 5.

Quadro 5 - Características da subamostra pimenta murupi

Subamostra	Flor	Frutos
Pimenta murupi		
<p>Características Apresenta flores com tamanhos entre 1,0 a 1,3 cm de diâmetro e anteras brancas. Os frutos pungentes, com formato alongado apresentam superfície rugosa e comprimento que varia de 2,0 a 9,0 cm. Quando maduros têm coloração amarelo-pálido, amarelo-laranja, amarelo-limão, laranja, vermelho e salmão.</p>		

b) Combinações pimentão Cascadura Ikeda x subamostra pimenta curabiá amarela

Dispondo de grande quantidade de flores as plantas, dessa subamostra, apresentaram antese e deiscência das anteras ocorrendo no mesmo dia, durante o início do período da manhã. Diante da característica apresentada, o índice de pegamento nos cruzamentos alcançou 48%. Contudo, a deiscência das anteras ocorria de maneira abrupta, onde o mais leve toque dispersava grande parte do pólen. Além disso, o tamanho reduzido das flores dificultou a realização dos cruzamentos. Características da subamostra pimenta curabiá amarela estão descritas no Quadro 6.

Quadro 6 - Características da subamostra pimenta curabiá amarela

Subamostra	Flor	Frutos
Curabiá amarela		
Características		
As flores dessa subamostra apresentam tamanho entre 0,8 a 1 cm de diâmetro. Frutos pungentes de cor amarelo-alaranjados.		

c) Combinações pimentão Cascadura Ikeda x subamostra pimenta curabiá vermelha

O melhor índice de pegamento alcançado entre as 6 subamostras foi o da curabiá vermelha, com 53% de frutos polinizados. Entretanto, as plantas vida o que resultou na oferta de um número reduzido de flores. Mostrou-se suscetível à fumagina e ataque de pulgões. Características da subamostra pimenta curabiá vermelha estão descritas no Quadro 7.

Quadro 7 - Características da subamostra pimenta curabiá vermelha

Subamostra	Flor	Frutos
Curabiá vermelha		
Características		
Com flores de até 1,2 cm de diâmetros, seus frutos pungentes têm coloração vermelha quando maduros. Apresentou poucas flores e frutos.		

d) Combinações pimentão Cascadura Ikeda x subamostra pimenta de cheiro

Nas flores dessa subamostra a deiscência das anteras ocorria no dia posterior à antese, semelhante à murupi, indicando a necessidade de identificação do horário da liberação do pólen, que após observação constatou-se a ocorrência no período entre 10 às 14h.

O tamanho das flores e a resistência ao manuseio foram as principais particularidades da pimenta de cheiro, característica que facilitou a realização dos cruzamentos. A planta com poucas brotações laterais apresentou frutos grandes, com inexistência de pungência e resistência ao estresse hídrico. O índice de pegamento das polinizações ficou dentro da média, alcançado 47%. Características da subamostra pimenta de cheiro estão descritas no Quadro 8.

Quadro 8 - Características da subamostra pimenta-de-cheiro

Subamostra	Flor	Frutos
Pimenta-de-cheiro		
Características		
A subamostra pimenta de cheiro dispõe de flores com tamanhos entre 1,6 a 2,0 cm de diâmetro. Seus frutos não apresentam pungência.		

e) Combinações pimentão Cascadura Ikeda x subamostra pimenta roxinha

A subamostra apresentou maior quantidade de flores e, assim como a pimenta de cheiro, resistência ao manuseio durante os cruzamentos. A antese e a deiscência do pólen ocorriam no mesmo período, pela manhã. Os frutos demonstraram uma característica peculiar, oferecendo persistência, na qual, mesmo estando maduros eles continuam nas plantas, ficando desidratados, porém, sem apodrecer. Características da subamostra pimenta roxinha estão descritas no Quadro 9.

Quadro 9 - Características da subamostra pimenta roxinha

Subamostra	Flor	Frutos
Roxinha		
Características		
Com flores de 1,0 cm de diâmetro e resistente ao manuseio. Seus frutos pungentes, quando verdes são de coloração roxa.		

f) Combinações pimentão Cascadura Ikeda x subamostra pimenta vermelhinha

Essa subamostra apresentou plantas susceptíveis ao ataque de pragas e doenças, ciclo curto e com poucas flores. Características da subamostra pimenta vermelhinha estão descritas no Quadro 10.

Quadro 10 - Características da subamostra pimenta vermelhinha

Subamostra	Flor	Frutos
Pimenta vermelhinha		
Características		
Frutos, pungentes e de formato oval. Oferece pequena quantidade de flores com 1,2 cm de diâmetro.		

Durante o período de cruzamentos, dedicação, observação constante, atenção, paciência e delicadeza no contato com as flores são essenciais para o sucesso dos cruzamentos. Fatores climáticos como fortes chuvas, calor excessivo e baixa luminosidade podem reduzir a quantidade de flores ou inviabilizar o pólen. O ataque de pragas como pulgões e ácaros diminuem e até anulam o advento dos botões florais, podendo causar sérios prejuízos ao trabalho. Os frutos gerados das polinizações cruzadas apresentam tamanhos desuniformes e a quantidade de sementes proporcionais ao seu tamanho.

5.1.1 Características dos frutos híbridos F₁ (*Capsicum annuum* x *Capsicum chinense* Jacq.)

Os resultados dos cruzamentos interespecíficos revelam não existir problemas de incompatibilidade entre as subamostras de *Capsicum chinense* Jacq. e *Capsicum annuum* utilizados na realização desse trabalho. Segundo Eshbaugh (1983), os componentes do grupo *C. annuum*, *C. chinense* e *C. frutescens* mostram-se geneticamente próximos entre si. Dado que é demonstrado nos percentuais de pegamento verificados.

Os frutos obtidos dos cruzamentos entre *Capsicum chinense* Jacq. e *Capsicum annuum*, apesar do tamanho reduzido em relação ao genitor - P₁, detinham em 85% desses frutos sementes viáveis. Porém, 15% dos frutos não geraram sementes. O comprimento dos frutos variou entre 5 a 6 cm; largura de 2 a 4 cm e apresentaram peso médio de 20 g, demonstrados na comparação entre uma amostra de 10 frutos de pimenta de cheiro e 10 frutos de pimenta roxinha (Figura 18).

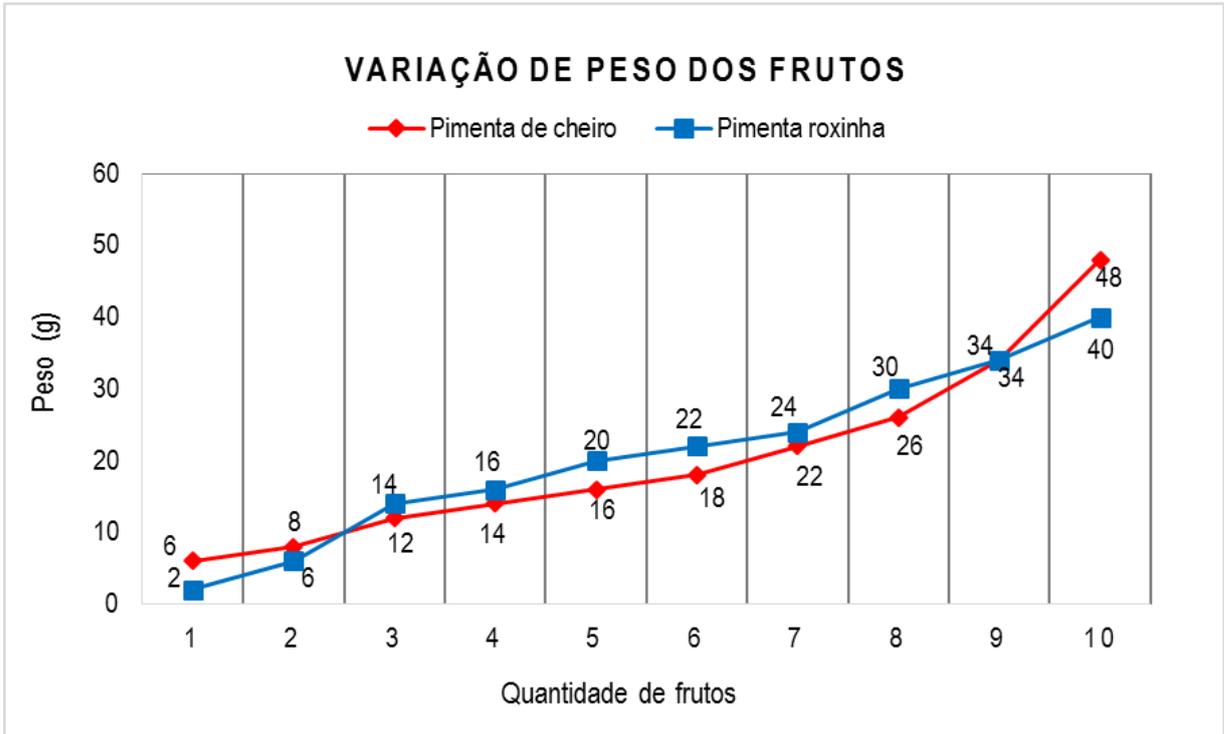


Figura 18 - Peso dos frutos do cruzamento de pimenta-de-cheiro e pimenta roxinha com pimentão

Na comparação entre os frutos, resultados dos cruzamentos entre o pimentão e as subamostras de pimenta de cheiro e pimenta roxinha, exibidos na Figura 18, as variações, quanto à diferença de peso dos frutos foram inexpressivas.

A análise das sementes demonstrou uma diferença entre os genitores e os híbridos, no tamanho e na quantidade de sementes dos frutos polinizados. A semente híbrida apresenta-se com o dobro da dimensão de P₂, um de seus genitores. Carvalho e Nakagawa (2000) afirmam que o tamanho da semente é um dos fatores que interferem em sua germinação. Figliolia et al. (1993) reiteram que 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

O tamanho das sementes de duas gerações simples cruzadas e o híbrido F₁, onde P₁ - pimentão; P₂ - pimenta de cheiro e F₁ pimenta de cheiro são demonstrados na Figura 19.



Figura 19 - Análise das sementes de P₁, P₂ e F₁.

A variação na quantidade de sementes foi significativa, incidindo de maneira diretamente proporcional ao tamanho dos frutos polinizados. Frutos pequenos apresentaram poucas sementes e frutos grandes com a quantidade duas a três vezes maior que a dos frutos pequenos. O número de sementes por fruto variou de 10 a 105 sementes entre híbridos F₁ pimenta de cheiro; e na F₁ pimenta roxinha ficou entre 3 a 191 sementes por fruto. A quantidade mínima de sementes dos frutos polinizados se manteve próxima ao total alcançado por Hirose et al. (1960), citado por Saccardo e Ramulu (1977), que realizaram cruzamentos entre *C. chinense* e *C. annuum* e obtiveram frutos com 7 a 14 sementes viáveis por fruto. A quantidade máxima de sementes obtidas no presente trabalho foi cerca de 75% maior que a alcançada pelos pesquisadores.

A quantidade de sementes medidas de 10 frutos selecionados aleatoriamente, nos dois cruzamentos é evidenciada na Figura 20.

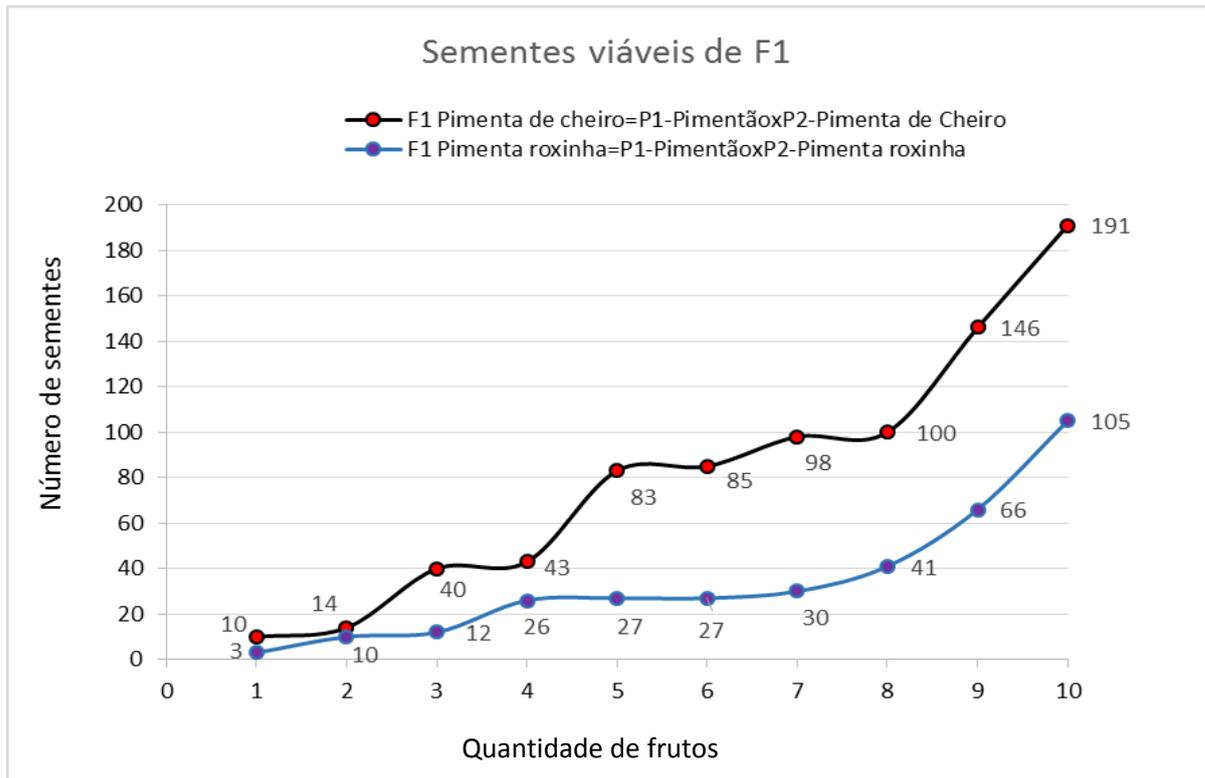


Figura 20 - Quantidade de sementes dos frutos polinizados

Os frutos resultantes dos cruzamentos de $P_1 \times P_2$ geraram o fruto com semente do híbrido F_1 pimenta de cheiro, estes, apresentaram uma quantidade média de sementes superior à da F_1 pimenta roxinha. A análise demonstrou que em média 10 frutos da F_1 pimenta de cheiro apresentaram 810 sementes, sendo 81 sementes por frutos, enquanto, as sementes de 10 frutos da F_1 pimenta roxinha totalizaram 347, com média de 34,7 sementes por frutos. No entanto, ao testarmos a germinação o percentual alcançou 80%, nas duas amostras.

5.2 Seleção dos híbridos F_1

As sementes dos dois híbridos foram coletadas, armazenadas e testadas. Após os testes de germinação as mudas foram preparadas para a seleção do

híbrido que apresentou características morfoagronomicamente interessantes, como peso e tamanho das flores e frutos.

As particularidades avaliadas e seus respectivos resultados são demonstradas no Quadro 11.

Quadro 11 - Características avaliadas nas gerações

Características avaliadas nas gerações				
	Pimenta de cheiro		Pimenta roxinha	
	P₂ pimenta de cheiro	F₁ pimenta de cheiro	P₂ pimenta roxinha	F₁ pimenta roxinha
1- tamanho da flor;	2,0 cm	2,3 cm	1,0 cm	1,7 cm
2 - horário de dispersão do pólen	10 h	8 h	8 h	8 h
3 – relação de flores polinizadas no cruzamento	1:5	-	1:4	-
4 – resistência ao manuseio durante os cruzamentos	Muito resistente	Muito resistente	Resistente	Muito resistente
5 – quantidade de flores disponíveis nas plantas	Maior que 10/dia	Maior que 10/dia	Maior que 10/dia	Maior que 10/dia
6 – tamanho dos frutos da F ₁ .	Até 8 cm	Até 7,5 cm	Até 3 cm	Até 4,0 cm

As características dos frutos das subamostras P₂ pimenta de cheiro e do híbrido F₁ Pimenta de cheiro; da subamostra P₂ pimenta roxinha e do híbrido F₁ pimenta roxinha e flores dos híbridos F₁ pimenta de cheiro e F₁ pimenta roxinha são apresentadas nas Figuras 21, 22 e 23.



Figura 21 - Fruto da subamostra P₂ pimenta de cheiro e híbrido F₁ Pimenta de cheiro



Figura 22 - Frutos da subamostra P₂ pimenta roxinha e híbrido F₁ pimenta roxinha



Figura 23 - Flores dos híbridos F₁ pimenta de cheiro à esquerda e F₁ pimenta roxinha à direita.

Os frutos dos híbridos F₁ pimenta de cheiro e F₁ pimenta roxinha apresentaram diferenças expressivas com relação ao tamanho dos frutos e das flores. O resultado da avaliação das flores exibe características dos genitores masculinos que se mantêm (Figura 24).

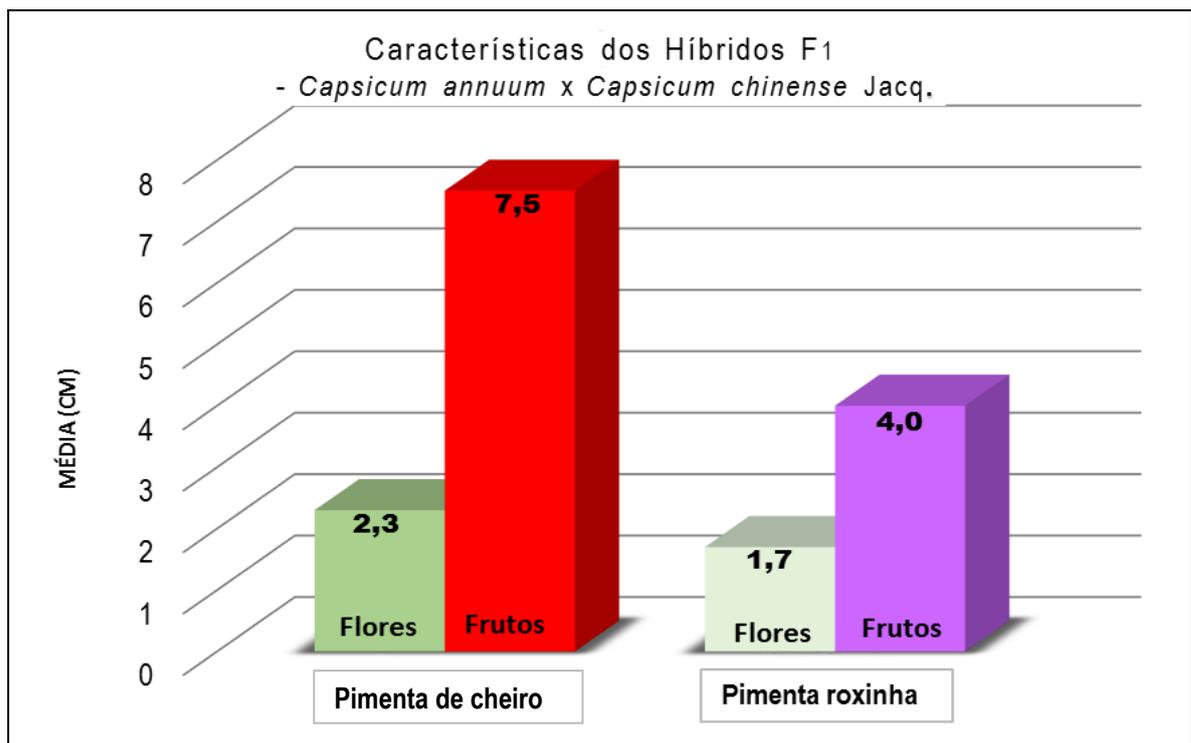


Figura 24 - Gráfico das características das flores e frutos dos híbridos F₁

A média no peso de 10 frutos dos híbridos – F₁ pimenta de cheiro foi de 84g e a F₁ pimenta roxinha alcançou 68g (Figura 25). Entretanto, a quantidade de sementes nos híbridos F₁ da pimenta roxinha – em média 20 sementes por fruto - se mostrou superior a F₁ pimenta de cheiro – com média de 8,4 sementes por fruto.

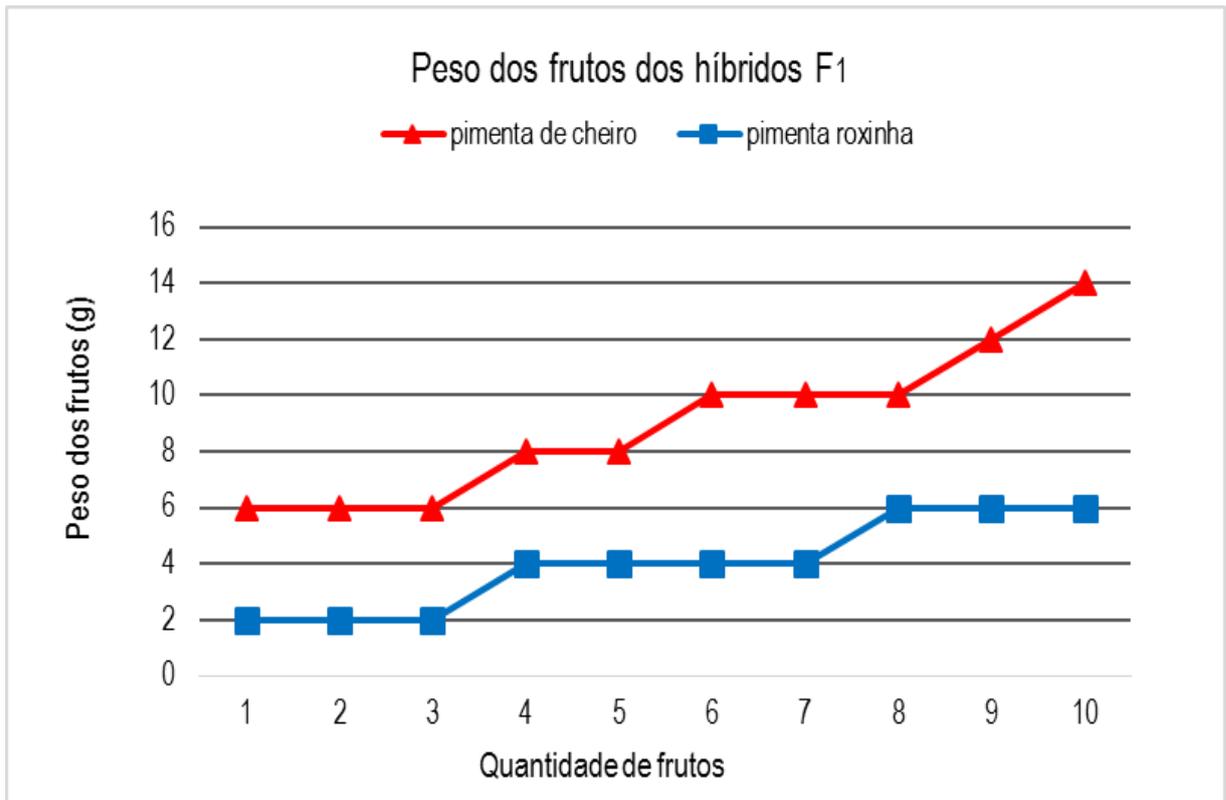


Figura 25 - Peso dos frutos híbridos F₁ pimenta de cheiro e F₁ pimenta roxinha.

O resultado alcançado na análise das características almejadas indicou o híbrido F₁ pimenta de cheiro como detentor da morfologia ideal, no que tange a características tamanho da flor, tamanho e peso do fruto, proporcionalidade de flores polinizadas (uso do pólen) e quantidade de sementes. Através da avaliação dessas características foi possível selecionar o híbrido F₁, que se mostrou apto a ser utilizado na etapa seguinte, inicialmente – obtenção da geração segregante F₂, e posteriormente das gerações RC₁ e RC₂.

Nesse estudo foi considerado, principalmente, o manejo das flores e frutos, porque suas qualidades contribuem para a realização dos cruzamentos, coletas e análise de materiais de estudo. A seleção do híbrido F₁ pimenta de cheiro descartou as plantas, frutos e as sementes do híbrido F₁ pimenta roxinha.

Prosseguindo nos trabalhos, todas as plantas do híbrido F₁ pimenta de cheiro avaliadas na seleção, tiveram todos os frutos autopolinizados, as flores abertas e os botões ainda fechados retirados e descartados. Essas mesmas plantas foram adubadas e utilizadas no próximo passo, a obtenção da geração segregante F₂.

5.3 Obtenção da geração F₂

Para a obtenção da geração segregante F₂ foram protegidos 200 botões florais, alcançando-se o índice de pegamento dos frutos próximo a 95%. Em meio aos frutos que se autopolinizaram e apresentaram sementes viáveis, os frutos com tamanhos maiores, em torno de 10 cm, não apresentaram sementes, esses corresponderam a 5% do total de frutos colhidos. O peso médio de 10 frutos alcançou 70 g com média de 8,4 sementes por fruto.

5.4 Os retrocruzamentos: obtenção das gerações segregantes RC₁ e RC₂

Nos retrocruzamentos, o tamanho da flor do pimentão e da F₁ auxiliaram na rapidez dos cruzamentos. No RC₁ o percentual de pegamentos alcançou 41%, os frutos pequenos, pesavam em média 7g; os maiores apresentaram peso médio de até 10g com aproximadamente 12 sementes por fruto. O total de sementes nos frutos colhidos foi 492, contudo, 40% dessas estavam inviáveis, resultando em 295 sementes viáveis.

O RC₂ apresentou frutos com peso médio de 6,0g e comprimento médio de 7,5 cm. Embora apresentassem peso menor, os frutos detinham número médio de

15 sementes por frutos, dentre as quais, 60% estavam viáveis. No RC₂ o percentual de pegamentos alcançou 55%.

5.5 Estudo da herança nas gerações P₁, P₂, F₁, F₂, RC₁ e RC₂

As avaliações do estudo de herança foram realizadas nas gerações levadas para o plantio em campo, a céu aberto. Pela análise de variância (Tabela 3), constatou-se efeito significativo de tratamentos ($P < 0,01$), indicando que os genitores das gerações segregantes são contrastantes para as características número de flores por axila (NFL), comprimento do fruto (CFR), largura do fruto (LFR), peso do fruto (PFR) e número de sementes por fruto (NSE). A única exceção foi a altura da planta (ALT), da qual não houve efeito significativo, assim podemos considerar que os genitores possuem um conjunto gênico semelhante para os genes que governam o caractere.

Tabela 3 - Resumo da análise de variância e médias das gerações para caracteres obtidos a partir do cruzamento entre *Capsicum chinense* e *Capsicum annuum*. Manaus, AM, 2014/2015.

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios ¹					
		ALT	NFL	CFR	LFR	PFR	NSE
Bloco	2	0,0583	0,0067	0,1236	0,0118	456,6156	0,0039
Tratamento	5	0,0965 ^{ns}	0,5434 ^{**}	0,8978 ^{**}	2,5329 ^{**}	22360,9679 ^{**}	0,9670 ^{**}
Resíduo	10	0,0512	0,0127	0,1296	0,0109	394,2115	0,0205
Média		4,6296	1,6941	6,3712	2,9053	157,3655	1,6855
CV (%)		4,88	6,65	5,65	3,58	12,61	8,50

¹ALT=Altura da planta (avaliado por notas em intervalos pré-estabelecidos); NFL=Número de flores por axila; CFR=Comprimento do fruto (cm); LFR=Largura do fruto (cm); PFR=Peso do fruto (g); NSE=Número de sementes por fruto (avaliado por notas em intervalos pré-estabelecidos).

^{ns}; ^{**} não significativo e significativo a 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Os baixos coeficientes de variação para todos os caracteres avaliados também indicam a boa condução experimental.

Para número de flores por axila e comprimento do fruto, o valor médio da F_1 foi superior à média dos pais (Tabela 4). Segundo Blat et al. (2006), o comprimento do fruto no gênero *Capsicum* é uma das características de maior interesse do produtor pela sua importância na comercialização, uma vez que o mercado brasileiro valoriza frutos grandes. Deste modo, espera-se que o híbrido expresse heterose para esta característica.

A média da geração F_2 se aproximou mais da média do P_1 em relação aos caracteres altura da planta e comprimento do fruto e se aproximou mais da média do P_2 em relação ao número de flores por axila, largura do fruto e peso do fruto. Para o número de sementes por fruto, os valores apresentados na F_2 foram intermediários aos parentais, mostrando que o tipo de interação alélica predominante seria a aditiva.

As médias das gerações de retrocruzamento foram mais parecidas com valores médios do genitor recorrente, isso implica que retrocruzamentos repetidos e seleção podem aumentar ou diminuir a característica desejada, de acordo com o genótipo recorrente utilizado e que o efeito aditivo deve ser significativo (ZEWDIE; BOSLAND, 2000).

Constatou-se, em relação à altura da planta e largura do fruto, que o desvio padrão observado na geração P_1 foi maior do que o da P_2 e o maior desvio foi observado na geração F_2 , o que era esperado por ser esta a população com a maior parte dos locos segregantes. No entanto, este comportamento (maior desvio padrão na F_2) não foi verificado nas avaliações dos caracteres comprimento do fruto, peso do fruto e número de sementes por fruto, onde, nestes casos, os maiores desvios estavam presentes nas gerações de retrocruzamento e/ou genitoras. Uma

justificativa para estes resultados é a própria natureza das variáveis, quantitativas e influenciadas pelo ambiente. Além disso, o cruzamento realizado entre progenitores contrastantes, pressuposição para a eficiência do método (CRUZ et al., 2012), envolveu espécies que podem ter apresentado variabilidade genotípica entre plantas para os caracteres avaliados e, em consequência, contribuído para a obtenção de estimativas viesadas.

Tabela 4 - Estimativas das médias (\bar{X}) e variâncias ($\hat{\sigma}^2$) para caracteres de planta, flores, frutos e sementes avaliados

Geração	Nº de plantas	Caracteres ¹											
		ALT		NFL		CFR		LFR		PFR		NSE	
		\bar{X}	$\hat{\sigma}^2$	\bar{X}	$\hat{\sigma}^2$	\bar{X}	$\hat{\sigma}^2$	\bar{X}	$\hat{\sigma}^2$	\bar{X}	$\hat{\sigma}^2$	\bar{X}	$\hat{\sigma}^2$
P ₁	30	4,7333	0,2023	1,0000	0,0000	5,5667	0,4609	4,5667	0,3230	320,2333	6827,9092	2,7000	0,2172
P ₂	30	4,9000	0,0931	2,0000	0,0000	6,8233	1,0894	2,9000	0,1621	145,1000	1122,9207	1,0000	0,0000
F ₁	30	4,6667	0,2299	2,0000	0,0000	6,8833	0,8739	2,0000	0,0000	136,5000	691,6379	1,3667	0,2402
F ₂	300	4,6125	0,6201	2,0692	0,2730	5,8668	2,2769	2,1886	0,5876	65,4810	875,6463	1,7509	0,2016
RC ₁	120	4,3964	0,3505	1,3784	0,2373	6,3640	3,9221	3,1396	0,4690	160,6486	3515,8300	1,6937	0,2144
RC ₂	120	4,4690	0,5013	1,7168	0,2405	6,7230	2,2930	2,6372	0,3716	116,2301	1015,1609	1,6018	0,2596

¹ALT=Altura da planta (avaliado por notas em intervalos pré-estabelecidos); NFL=Número de flores por axila; CFR=Comprimento do fruto (cm); LFR=Largura do fruto (cm); PFR=Peso do fruto (g); NSE=Número de sementes por fruto (avaliado por notas em intervalos pré-estabelecidos).

As estimativas de herdabilidade no sentido amplo para altura da planta, número de flores por axila, comprimento do fruto e largura do fruto foram de 69,56; 99,96; 63,79 e 79,35%, respectivamente, indicando que maior parte da variação fenotípica é atribuída a causas genéticas (Tabela 5). Valores superiores aos obtidos por Juhász et al. (2009). Contudo, para estes mesmos caracteres em *Capsicum*, Ramalho et al. (2001) observaram valores de herdabilidade no sentido amplo superiores a 0,8, com exceção do número de flores por axila, da qual não foi avaliada pelos autores.

Tabela 5 - Estimativas de componentes de variância e de parâmetros genéticos obtidos para caracteres avaliados nas gerações P₁, P₂, F₁, F₂, RC₁ e RC₂ a partir do cruzamento entre *Capsicum chinense* e *Capsicum annuum*. Manaus, AM, 2014/2015.

Parâmetros	Caracteres ¹					
	ALT	NFL	CFR	LFR	PFR	NSE
Variância Fenotípica	0,6201	0,2730	2,2769	0,5876	875,6463	0,2016
Variância Ambiental	0,1888	0,0001	0,8245	0,1213	2333,5264	0,1745
Variância Genotípica	0,4313	0,2729	1,4524	0,4663	-1457,8801	0,0272
Variância Aditiva	0,3884	0,0681	-1,6614	0,3346	-2779,6982	-0,0708
Variância Dominância	0,0429	0,2048	3,1138	0,1317	1321,8181	0,0980
Herdabilidade Ampla (%)	69,56	99,96	63,79	79,35	-	13,47
Herdabilidade Restrita (%)	62,64	24,94	0,00	56,95	0,00	0,00
Heterose	-0,1500	0,5000	0,6883	-1,7333	-96,1667	-0,4833
Heterose (%)	-3,11	33,33	11,11	-46,43	-41,33	-26,13
Grau Médio da Dominância	0,4699	2,4528	-	0,8871	-	-
Número de Genes	5,15	29,38	-	7,56	-	-

¹ALT=Altura da planta (avaliado por notas em intervalos pré-estabelecidos); NFL=Número de flores por axila; CFR=Comprimento do fruto (cm); LFR=Largura do fruto (cm); PFR=Peso do fruto (g); NSE=Número de sementes por fruto (avaliado por notas em intervalos pré-estabelecidos).

Os valores estimados de herdabilidade no sentido restrito, para altura da planta e largura do fruto, foram de 62,64 e 56,95%, respectivamente, demonstrando considerável participação da variância aditiva na variação fenotípica. Para comprimento do fruto, peso do fruto e número de sementes por fruto, a herdabilidade

no sentido restrito foi igual a zero devido a estimativa negativa do componente aditivo. As estimativas negativas de variância aditiva podem ser atribuídas à baixa acurácia das estimativas da variância ambiental (valores superestimados). Segundo Carvalho et al. (2001), em estudos de análises de gerações por meio de variâncias são, geralmente, utilizados P_1 , P_2 e F_1 , em diferentes expressões, para estimar a variância ambiental, devido à variação entre plantas nestas gerações ser toda devida ao ambiente. Todavia, estas gerações apresentam, de maneira geral, variância entre plantas maior que nas gerações segregantes, resultando em estimativas viesadas dos parâmetros genéticos.

De acordo com os resultados obtidos, a maioria das estimativas de heterose apresentou valores negativos, ou seja, houve diminuição da magnitude das médias na geração F_1 em relação as médias dos genitores. Somente nos caracteres número de flores por axila e comprimento do fruto, os valores de heterose foram positivos. Em termos de heterose percentual, houve um aumento de 11,11% no comprimento do fruto e uma redução de 46,43 e 41,33% no diâmetro e peso do fruto, respectivamente, na geração F_1 em relação à média da geração parental.

O grau médio da dominância foi de 2,45 para número de flores por axila, evidenciando sobredominância, além disso, foi estimado que pelo menos 29 genes controlam o caráter (Tabela 5). Para altura da planta e largura do fruto, o grau médio da dominância foi de 0,4699 e 0,8871, respectivamente, com ambos valores apresentando dominância parcial. A estimativa do número de genes controladores da altura da planta foi de 5,15 genes. Para largura do fruto, a estimativa foi de 7,56 genes. Cruz et al. (2012) sugerem cautela em interpretar o número de genes que controlam o caráter com base no estimador utilizado, devido às pressuposições em que se baseia. Porém, estes mesmos autores citam a importância destas estimativas

como indicativo da natureza poligênica ou monogênica do caráter em estudo. Deste modo, houve indicativo de herança poligênica no controle das características onde o cálculo do número de genes controladores foi possível.

Na análise de gerações a partir do modelo completo houve significância dos efeitos aditivos e de dominância para todos os caracteres, a única exceção foi para o efeito aditivo em altura da planta (Tabela 6). Este resultado não é coerente com estimativas obtidas para alguns parâmetros genéticos e devido às questões anteriormente discutidas em relação às estimativas viesadas das variâncias, acredita-se que os resultados das médias proporcionaram estimativas mais consistentes, dificuldade também observada por Moreira et al. (2013) em estudos de herança em tomateiro. Deve-se ainda ressaltar que os efeitos epistáticos neste trabalho foram em sua maioria significativos e a variância ambiental de grande magnitude, devendo ser feita com cautela qualquer comparação ou indicação de métodos de melhoramento realizada a partir das estimativas dos parâmetros genéticos.

Interações epistáticas do tipo aditiva x aditiva foram importantes na herança de todos os caracteres, interações epistáticas aditiva x dominante apresentaram estimativas não significativas somente para altura da planta e comprimento do fruto e interações do tipo dominante x dominante foram não significativas apenas para o caractere número de semente por fruto.

No modelo completo verificou-se que o efeito genético referente à aditividade foi o mais importante em três dos seis caracteres avaliados, com um coeficiente de determinação de 99,51% para número de flores por axila, 42,46 % para largura do fruto e 58,84% para número de sementes por fruto (Tabela 6). Este resultado é promissor para estes caracteres, pois os efeitos aditivos podem ser fixados ao longo

das gerações, o que indica grande possibilidade de sucesso em programas de melhoramento. Zambrano et al. (2005) observaram efeitos aditivos superiores aos não-aditivos para diâmetro do fruto em pimentas. Medeiros et al. (2014) também relataram grande importância dos efeitos gênicos aditivos na expressão do diâmetro do fruto, resultado semelhante aos observados no presente trabalho, ainda que as espécies trabalhadas e metodologia utilizada tenham sido diferentes. Vale ressaltar que os estudos de herança realizados a partir de cruzamentos interespecíficos são poucos, e os trabalhos no gênero *Capsicum* tem-se concentrado basicamente em cruzamentos entre variedades de pimentões (SOUZA e MALUF, 2003, SUDRÉ et al., 2010).

Com exceção do caractere altura de planta, os efeitos aditivos tiveram maior importância do que os efeitos de dominância denotando potencial de ganhos pela obtenção de segregantes superiores. Em pimentão, Santos et al. (2014) observaram que o efeito gênico predominante também foi o aditivo.

Os efeitos de dominância foram, em geral, de baixa magnitude e os efeitos epistáticos tiveram diferente importância na explicação da variabilidade disponível. O efeito epistático do tipo aditivo x aditivo, foi o mais importante na determinação do peso do fruto (67,19%) e teve grande contribuição na determinação do caractere largura do fruto (30,94%), com ambas estimativas com valores positivos. Segundo Mather e Jinks (1984), a estimativa do efeito epistático aditivo x aditivo positiva sugere que pares de genes estão em formas associadas e apenas um dos genitores contribui para aumentar essas características. Juhász et al. (2009) também verificaram que a epistasia foi importante na herança das características peso médio de frutos e diâmetro de frutos.

A análise das médias observadas e das médias esperadas revelou um coeficiente de correlação máximo ($r=1,0$), mostrando a adequação do modelo completo para analisar todas as características e explicar sua variabilidade. O modelo completo foi adequado para descrever os dados obtidos a partir das gerações P₁, P₂, F₁, F₂, RC₁ e RC₂. Porém, segundo Cruz et al. (2012), apesar do uso do modelo genético completo ser importante para o conhecimento das causas e magnitudes dos componentes genéticos que controlam o caráter, deve-se também avaliar o modelo reduzido aditivo-dominante, que é de uso mais simples e também fornece informações importantes para a escolha dos métodos de melhoramento.

A correlação das médias observadas com as médias estimadas evidenciou satisfatório ajuste do modelo aditivo-dominante para os caracteres número de flores por axila, comprimento do fruto, largura do fruto e número de sementes por fruto, o qual possibilitou estimativas de coeficiente de correlação de 0,88; 0,85; 0,95 e 0,87, respectivamente (Tabela 7). Para altura de planta e peso do fruto, o modelo aditivo-dominante não foi suficiente para explicar os resultados.

Em pimentão, Juhász et al. (2009) mostraram a adequação do modelo aditivo-dominante para comprimento de frutos, no entanto, para peso do fruto, o resultado não foi coincidente com o apresentado no presente trabalho. Santos et al. (2014) trabalhando com *C. annuum*, chegaram à conclusão que o modelo aditivo-dominante não era suficiente para explicar a grande maioria das características de fruto, indicando que as interações epistáticas teriam grande importância na variação fenotípica total. Os autores também reportaram que o modelo aditivo-dominante era adequado para explicar os parâmetros genéticos para a altura da planta, o que também não foi observado neste estudo.

A média e o efeito aditivo foram significativos para todos os caracteres pelo teste t a 1% de probabilidade considerando o modelo aditivo-dominante. A média foi o efeito mais importante na determinação dos caracteres, com o coeficiente de determinação variando de 83,58% a 99,83% entre todos os caracteres analisados. O efeito de dominância apesar de ter sido significativo para altura da planta, número de flores por axila, comprimento do fruto e largura do fruto, este foi de pequena magnitude na expressão dos caracteres, assim como também observado ao considerar o modelo completo.

Tabela 6 - Decomposição não ortogonal da soma de quadrados de parâmetros e valores R² (porcentagens da variação explicada pelos efeitos gênicos) obtidos no modelo completo e no modelo aditivo-dominante para caracteres avaliados nas gerações P₁, P₂, F₁, F₂, RC₁ e RC₂ a partir do cruzamento entre *Capsicum chinense* e *Capsicum annuum*. Manaus, AM, 2014/2015.

FV	Caracteres ¹											
	ALT		NFL		CFR		LFR		PFR		NSE	
	SQ	R ²	SQ	R ²	SQ	R ²	SQ	R ²	SQ	R ²	SQ	R ²
Modelo completo												
m/a, d, aa, ad, dd	456,2109	90,41	399,6890	0,27	33,6597	31,55	13,0939	3,24	12,6213	2,10	171,2623	25,26
a/m, d, aa, ad, dd	2,8210	0,56	150000,0000	99,51	30,5583	28,64	171,8005	42,46	115,7301	19,28	398,9116	58,84
d/m, a, aa, ad, dd	18,1005	3,59	93,8594	0,06	14,1185	13,23	35,7429	8,83	40,3007	6,71	5,9868	0,88
aa/m, a, d, ad, dd	7,9888	1,58	135,2782	0,09	21,0202	19,70	125,2020	30,94	403,4237	67,19	6,0609	0,89
ad/m, a, d, aa, dd	0,0114	0,00	6,1154	0,00	1,0579	0,99	9,4731	2,34	17,4135	2,90	95,1372	14,03
dd/m, a, d, aa, ad	19,4631	3,86	100,5641	0,07	6,2660	5,87	49,3115	12,19	10,8916	1,81	0,5503	0,08
Modelo aditivo-dominante												
m/a, d	11466,0861	99,83	1351342,6747	87,10	3686,3498	99,03	5875,1589	83,58	467,6780	98,91	2503,6129	86,18
a/m, d	7,3093	0,06	150020,5118	9,67	30,2899	0,81	158,2931	2,25	4,1922	0,89	401,5877	13,82
d/m, a	12,1534	0,11	50038,4506	3,23	5,8626	0,16	996,2118	14,17	0,9831	0,21	0,0000	0,00

¹ALT=Altura da planta (avaliado por notas em intervalos pré-estabelecidos); NFL=Número de flores por axila; CFR=Comprimento do fruto (cm); LFR=Largura do fruto (cm); PFR=Peso do fruto (g); NSE=Número de sementes por fruto (avaliado por notas em intervalos pré-estabelecidos).

Tabela 7 - Estimativas dos parâmetros genéticos ($\hat{\beta}$) com suas respectivas variâncias ($\hat{\sigma}^2$) e valores do coeficiente de correlação (r) entre as médias observadas (\bar{V}_o) e esperadas (\bar{V}_e) no modelo completo e no modelo aditivo-dominante para caracteres avaliados nas gerações P₁, P₂, F₁, F₂, RC₁ e RC₂ a partir do cruzamento entre *Capsicum chinense* e *Capsicum annuum*. Manaus, AM, 2014/2015.

Parâmetros	Caracteres ¹											
	ALT		NFL		CFR		LFR		PFR		NSE	
	$\hat{\beta}$	$\hat{\sigma}^2$	$\hat{\beta}$	$\hat{\sigma}^2$	$\hat{\beta}$	$\hat{\sigma}^2$	$\hat{\beta}$	$\hat{\sigma}^2$	$\hat{\beta}$	$\hat{\sigma}^2$	$\hat{\beta}$	$\hat{\sigma}^2$
	Modelo Completo											
m	5,5356**	0,0672	3,5864**	0,0322	3,4882**	0,3615	0,9340**	0,0666	-59,1669**	277,3671	2,2625**	0,0299
a	-0,0833 ^{ns}	0,0025	-0,5000**	0,0000	-0,6283**	0,0129	0,8333**	0,0040	87,5667**	66,2569	0,8500**	0,0018
d	-2,8238**	0,4405	-4,4825**	0,2141	6,1192**	2,6522	3,9522**	0,4370	302,9247**	2276,9649	-1,1508*	0,2212
aa	-0,7190**	0,0647	-2,0864**	0,0322	2,7068**	0,3486	2,7993**	0,0626	291,8336**	211,1102	-0,4125**	0,0281
ad	0,0214 ^{ns}	0,0402	0,3231*	0,0171	0,5386 ^{ns}	0,2742	-0,6617**	0,0462	-86,2962**	427,6591	-1,5162**	0,0242
dd	1,9548**	0,1963	2,8960**	0,0834	-2,7241*	1,1843	-2,8862**	0,1689	-107,2577**	1056,2506	0,2549 ^{ns}	0,1181
r(\bar{V}_o, \bar{V}_e)	1		1		1		1		1		1	
	Modelo aditivo-dominante											
m	4,7376**	0,0020	1,5001**	0,0000	6,0142**	0,0098	3,4037**	0,0020	95,8110**	19,6284	1,6683**	0,0011
a	-0,1148**	0,0018	-0,4999**	0,0000	-0,5487**	0,0099	0,6363**	0,0026	-8,9628*	19,1623	0,6680**	0,0011
d	-0,3140**	0,0081	0,5001**	0,0000	0,4683*	0,0374	-1,4039**	0,0020	-7,7900 ^{ns}	61,7290	-0,0002 ^{ns}	0,0052
r(\bar{V}_o, \bar{V}_e)	0,5840		0,8875		0,8509		0,9468		-0,3653		0,8698	

¹ALT=Altura da planta (avaliado por notas em intervalos pré-estabelecidos); NFL=Número de flores por axila; CFR=Comprimento do fruto (cm); LFR=Largura do fruto (cm); PFR=Peso do fruto (g); NSE=Número de sementes por fruto (avaliado por notas em intervalos pré-estabelecidos).
^{ns,**,*} não significativo e significativo em nível de 1 e 5% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

Na avaliação da correlação entre os caracteres de fruto, correlações positivas foram obtidas para os caracteres comprimento e peso do fruto e também para os caracteres largura e peso do fruto em todas as gerações, embora nem sempre estivessem associados a grandes magnitudes (Tabela 8). Para a correlação entre comprimento e peso do fruto, valores significativos foram obtidos na geração F₁ (r=0,635), RC₁ (r=0,586) e RC₂ (r=0,290). Para largura e peso do fruto, houve correlação positiva e significativa em cinco das seis gerações analisadas, com a maior correlação sendo obtida na P₂ (r=0,796) seguida da obtida na geração F₂ (r=0,610). Não houve correlação significativa de grande magnitude entre o comprimento e largura do fruto.

Tabela 8 - Estimativas de correlações de Pearson entre caracteres de fruto em gerações obtidas do cruzamento de *Capsicum chinense* e *Capsicum annum*. Manaus, AM, 2014/2015.

Correlação entre os caracteres ¹	Geração					
	P ₁	P ₂	F ₁	F ₂	RC ₁	RC ₂
CFR x LFR	0,144	0,121	0,000	0,253**	-0,035	-0,136
CFR x PFR	0,355	0,159	0,635**	0,108	0,586**	0,290**
LFR x PFR	0,558**	0,796**	0,000	0,610**	0,454**	0,207*

¹CFR=Comprimento do fruto (cm); LFR=Largura do fruto (cm); PFR=Peso do fruto (g).

**,* significativo em nível de 1 e 5% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

5.5.1 Estudo das características morfoagronômicas das gerações estudadas – P₁, P₂, F₁, F₂, RC₁ e RC₂

Pela Figura 26 verifica-se que o pimentão P₁ – possui o hábito de crescimento ereto, característico da variedade estudada. Por outro lado, o P₂ – pimenta-de-cheiro, essa característica apresentou indivíduos com hábito de crescimento intermediário e ereto, sendo o intermediário com maior percentual. Já na população de F₁, essa característica estudada, foi bem maior, com 22 observações num total de 30. Para F₂ e os retrocruzamentos, a distribuição foi praticamente a mesma, ou seja, houve indivíduos nas três categorias, em proporção equivalente.

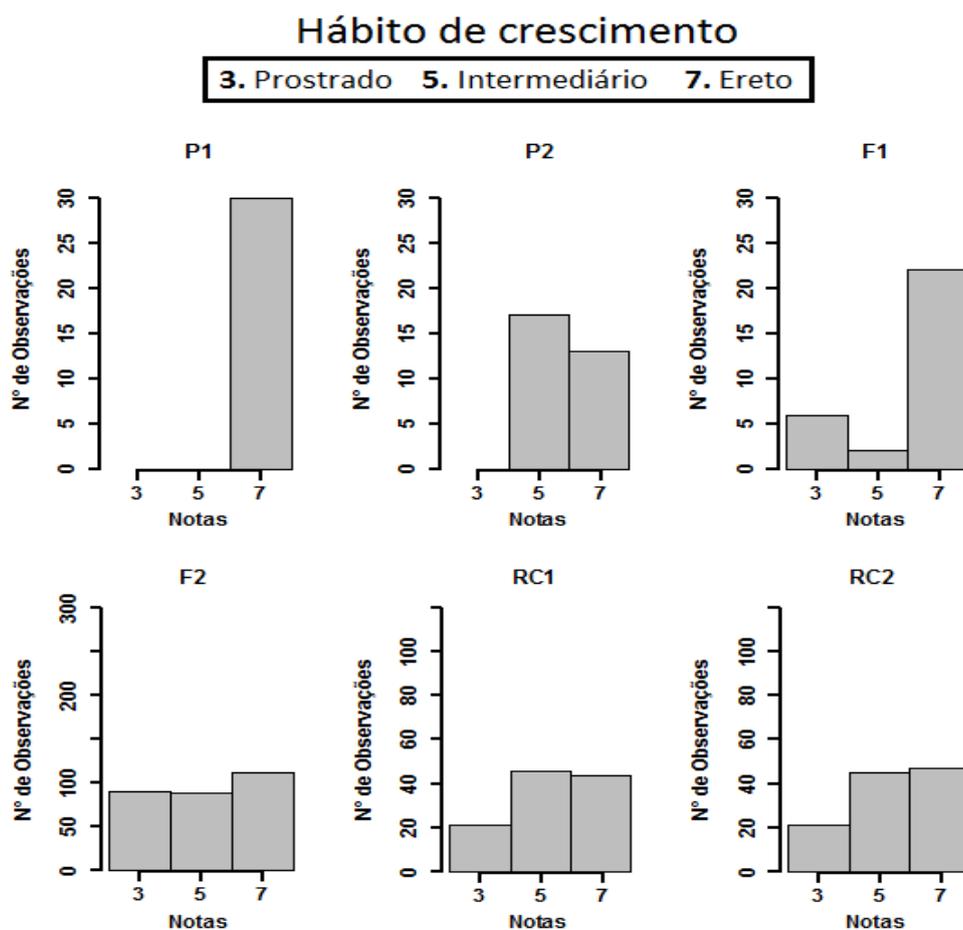


Figura 26 - Hábito de crescimento das gerações avaliadas

Na Figura 27, com exceção dos indivíduos do RC₁, as plantas apresentaram na sua maioria, altura superior a 85,0 cm. Com exceção de P₁, P₂ e F₁, verificou-se a presença de plantas nas outras categorias de altura, embora poucos indivíduos nas alturas inferiores a 50,0 cm.

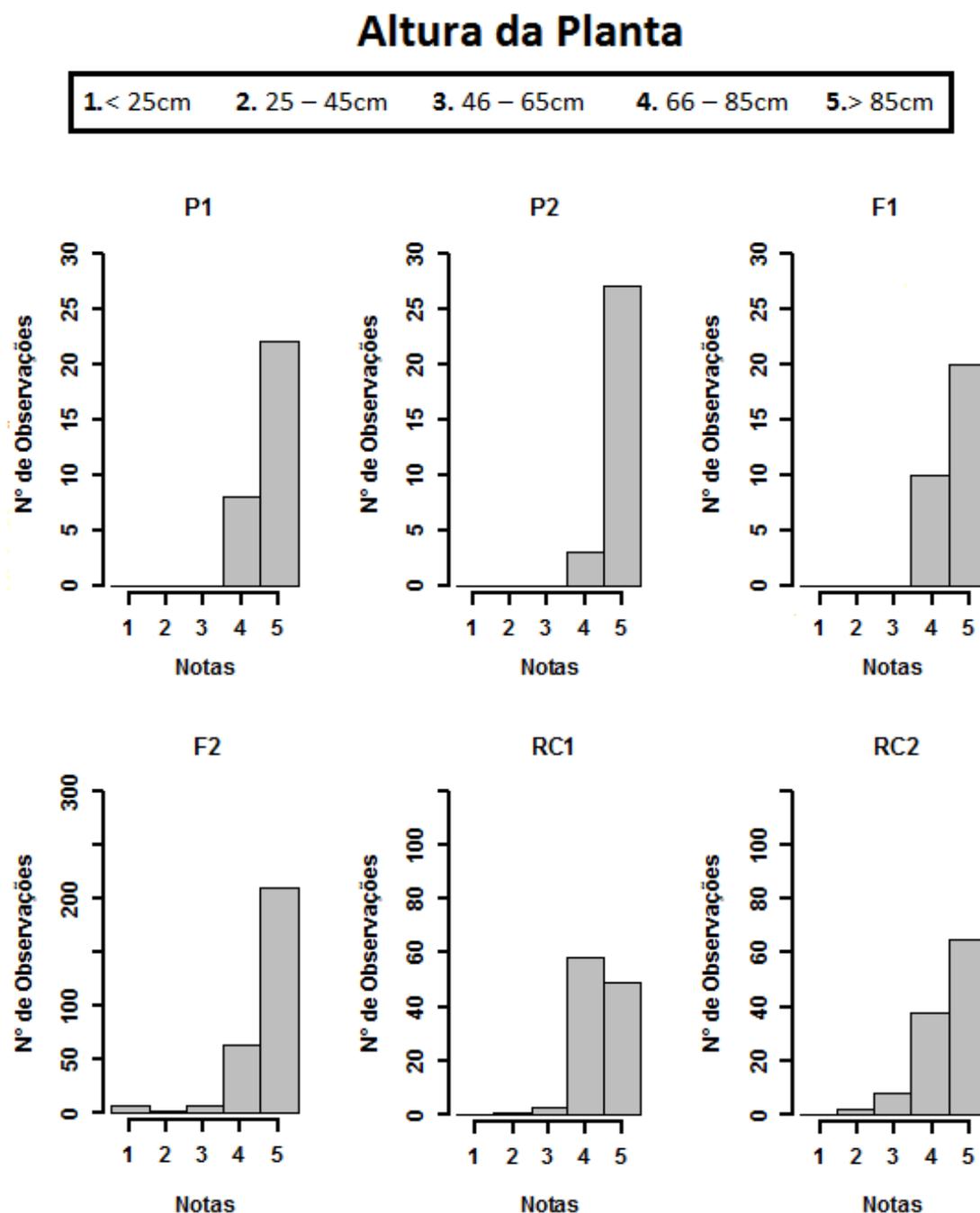


Figura 27 - Altura das plantas das gerações avaliadas

O número de flores por axila (Figura 28), como era esperado, apresentou no P₁ somente uma, característica observada nos materiais cultivados e geneticamente definidos, como é o caso da variedade utilizada no estudo. Por outro lado, a pimenta-de-cheiro apresentou duas flores por axila, assim como a geração F₁. Nos demais descendentes, houve a presença de mais de 3 flores por axila, demonstrando dessa forma que os materiais não estão definidos geneticamente, ainda.

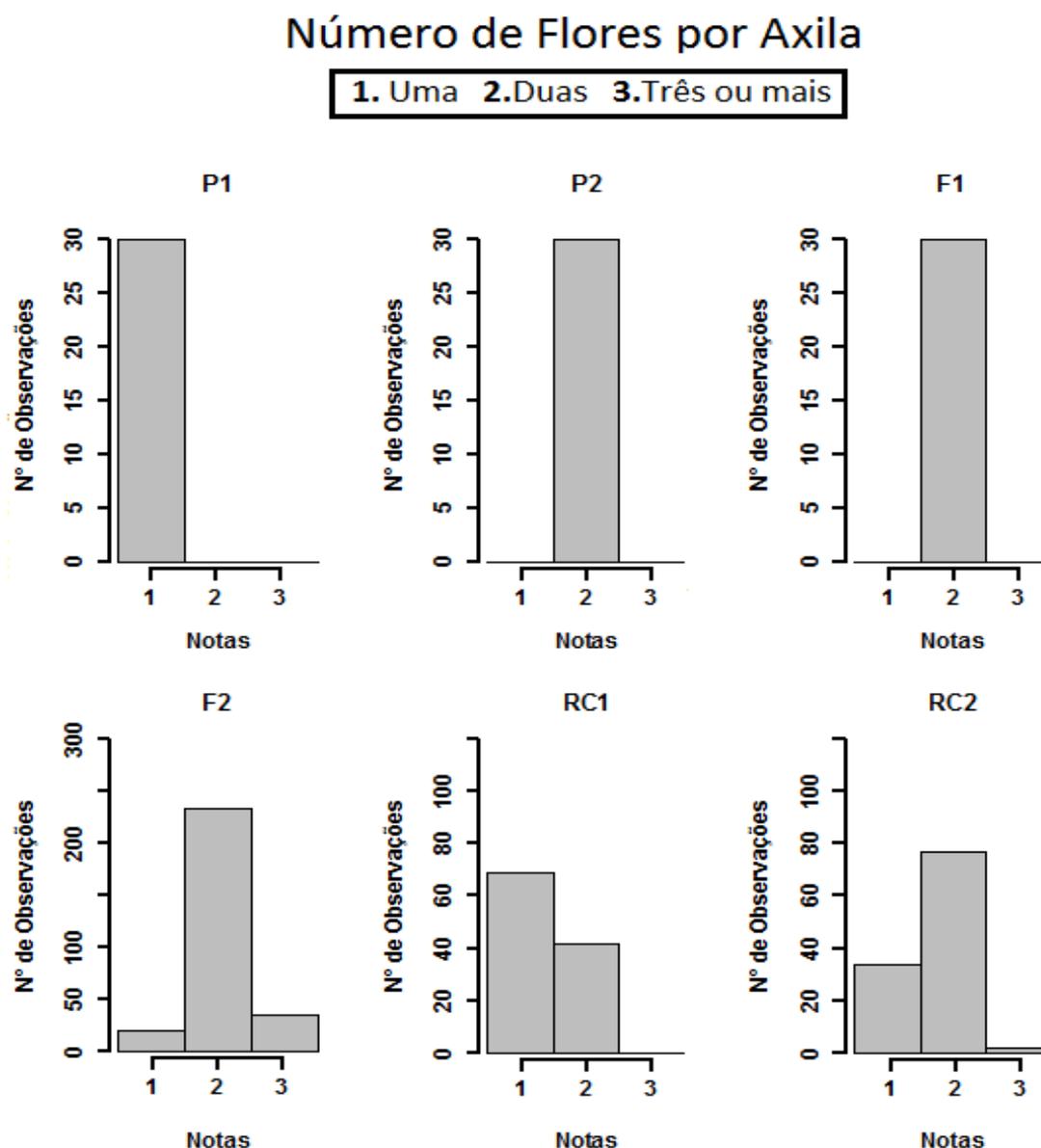


Figura 28 – Número de flores nas plantas das gerações avaliadas

Para a posição das flores na planta, o pimentão possui s flores de forma ereta, enquanto a pimenta-de-cheiro as flores estão na posição intermediária. Esta mesma posição foi verificada nos descendentes da F₁, enquanto nas demais gerações há a presença de indivíduos nas categorias pendente, intermediária e ereta (Figura 29).

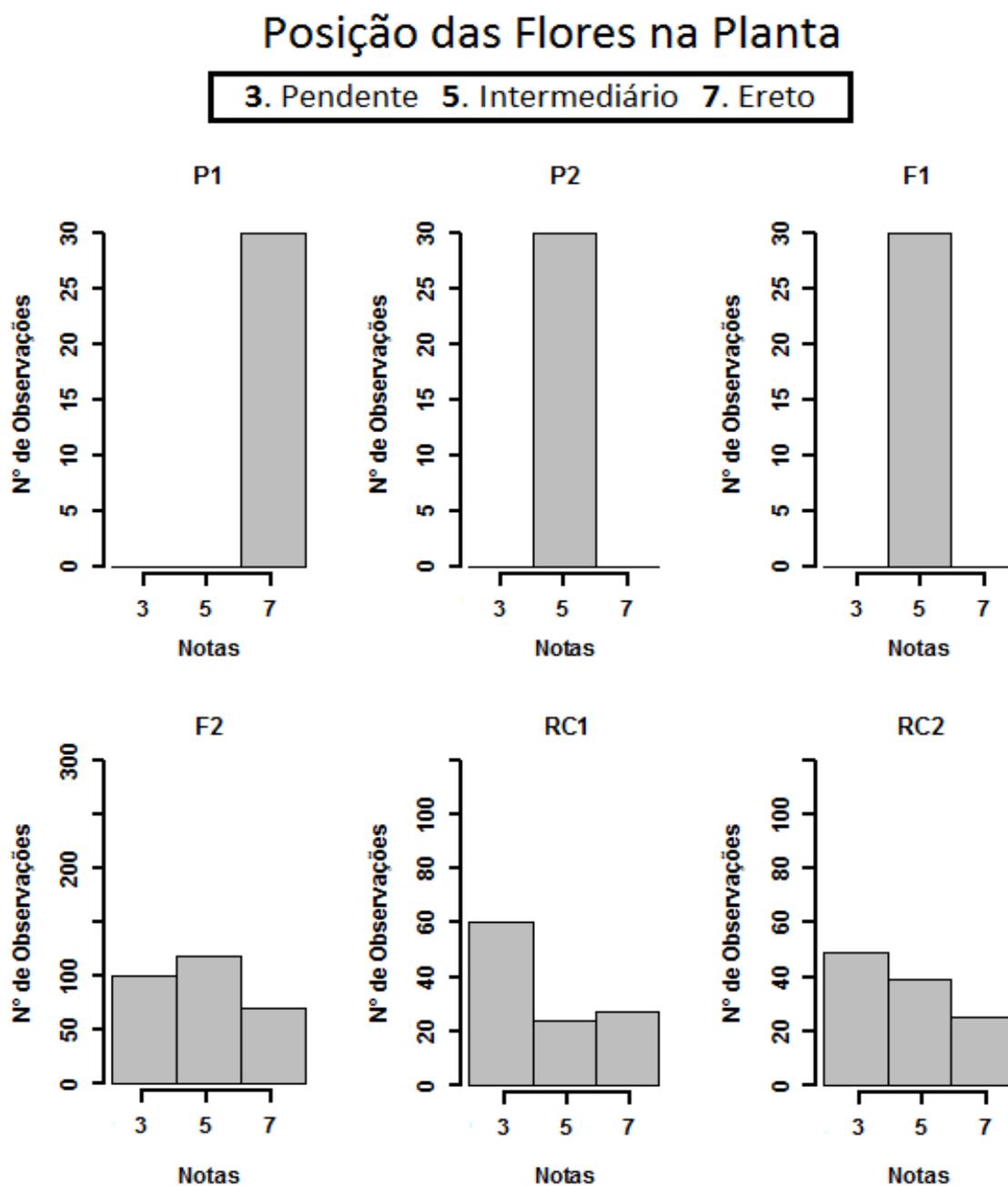


Figura 29 - Posição das flores nas plantas das gerações avaliadas

Para a cor da corola (Figura 30), o pimentão tem como característica apresentar suas corolas na cor branca, enquanto a pimenta-de-cheiro amarelo esverdeado. Essa mesma cor foi observada em todos os outros descendentes das demais gerações, ou seja, a cor da corola permaneceu inalterada ao longo das gerações.

Cor da Corola

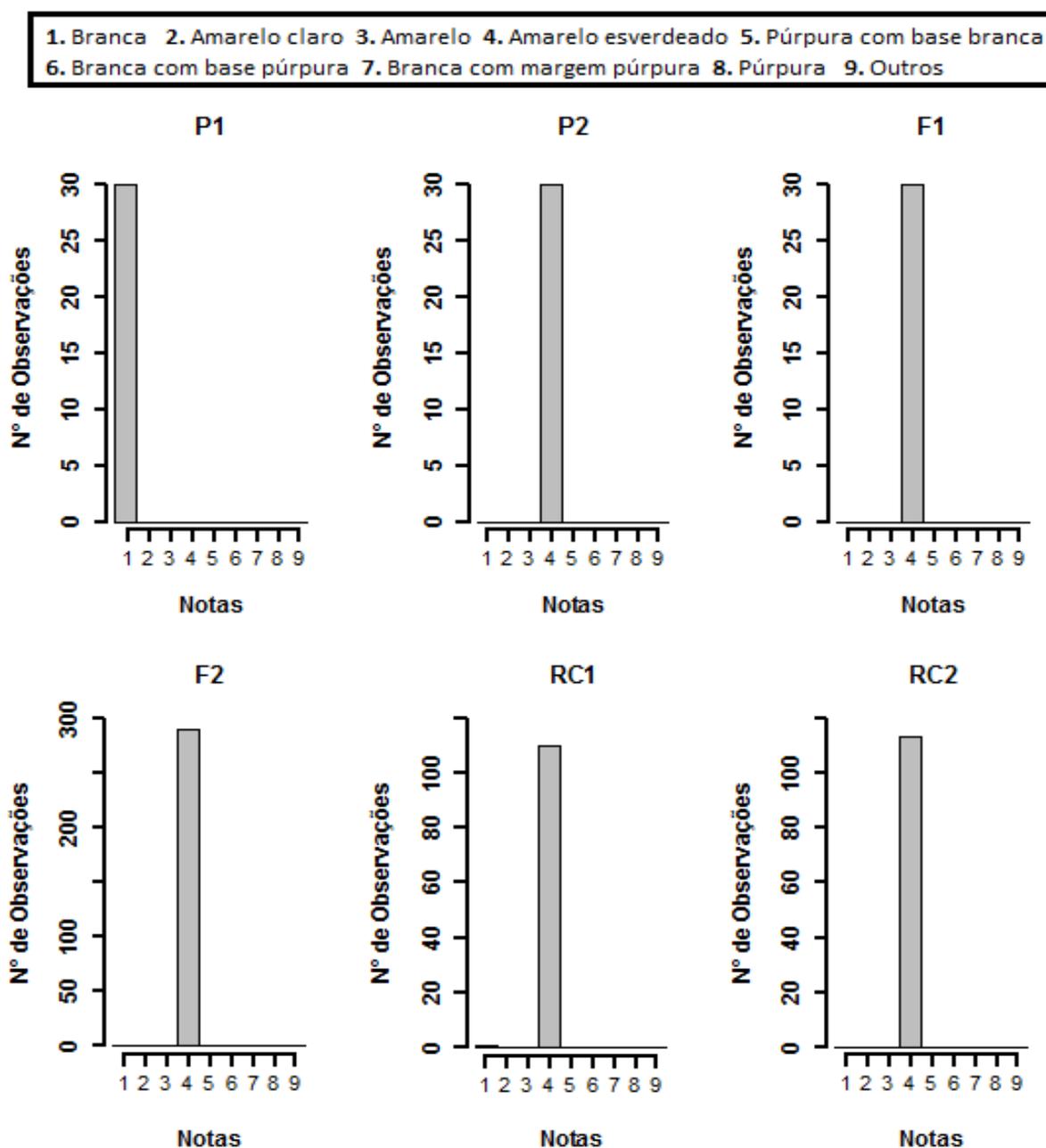


Figura 30 - Cor da corola das flores nas gerações avaliadas

A Figura 31 demonstra que o pimentão apresentou frutos com diversas cores no estágio intermediário, enquanto a pimenta-de-cheiro a cor desses frutos foi a laranja. Na F₁ os frutos seguiram a mesma resposta para o pimentão. Para as demais descendências, houve predominância da cor laranja.

Cor do Fruto no Estágio intermediário

1. Branco 2. Amarelo 3. Verde 4. Laranja 5. Púrpuro
6. Púrpuro profundo 7. Outros

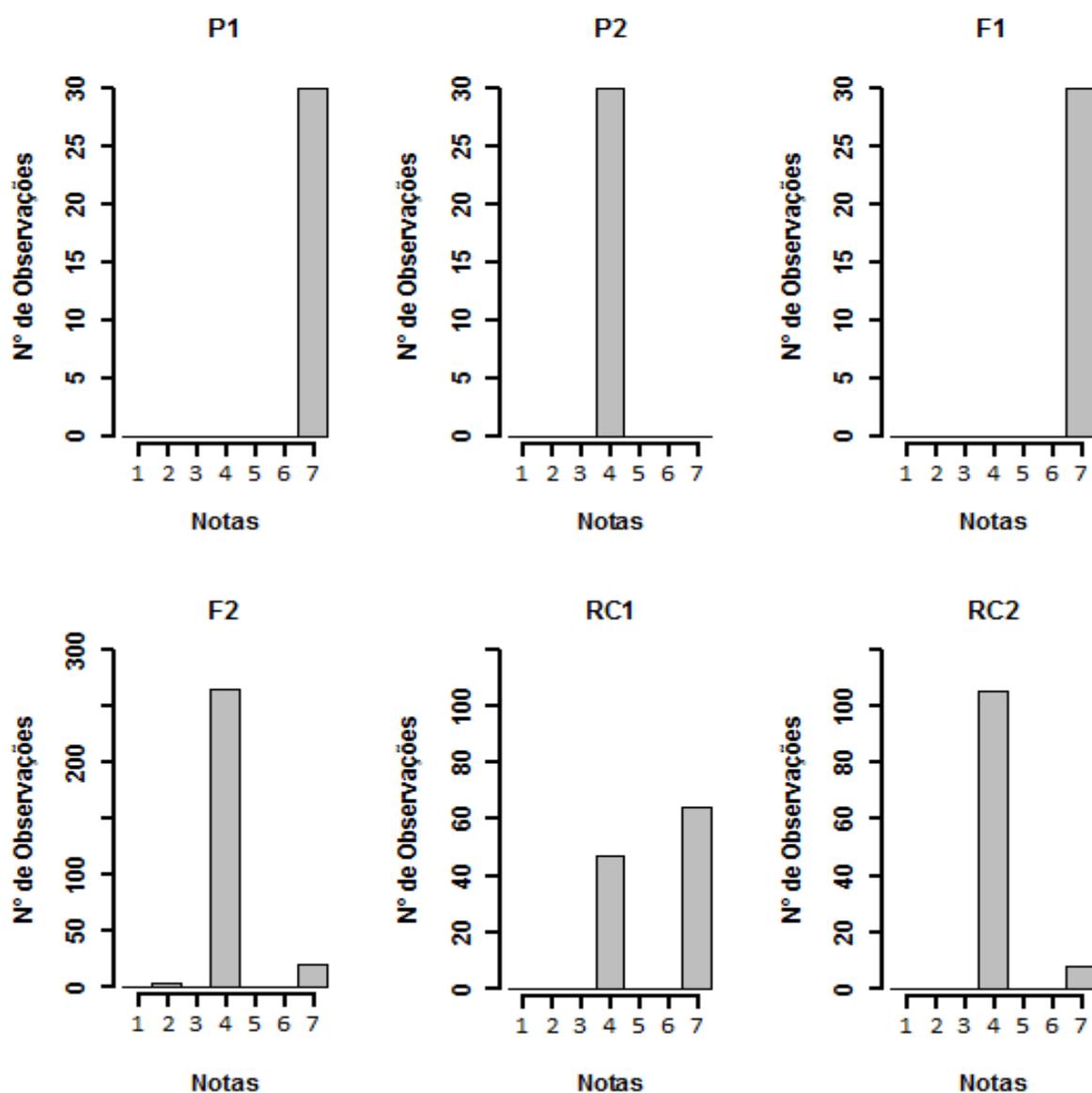


Figura 31 - Cor dos frutos no estágio intermediário nas gerações avaliadas

Enquanto o pimentão no estágio intermediário de maturação do fruto tem várias tonalidades de cor, no estágio maduro a cor predominante foi a vermelha escura, assim como nos descendentes da geração F₁. Já P₂, a cor dos frutos maduros foi a cor vermelho claro. Para F₂, RC₁ e RC₂ as cores variaram de vermelho claro a vermelho escuro (Figura 32).

Cor do fruto no estágio maduro

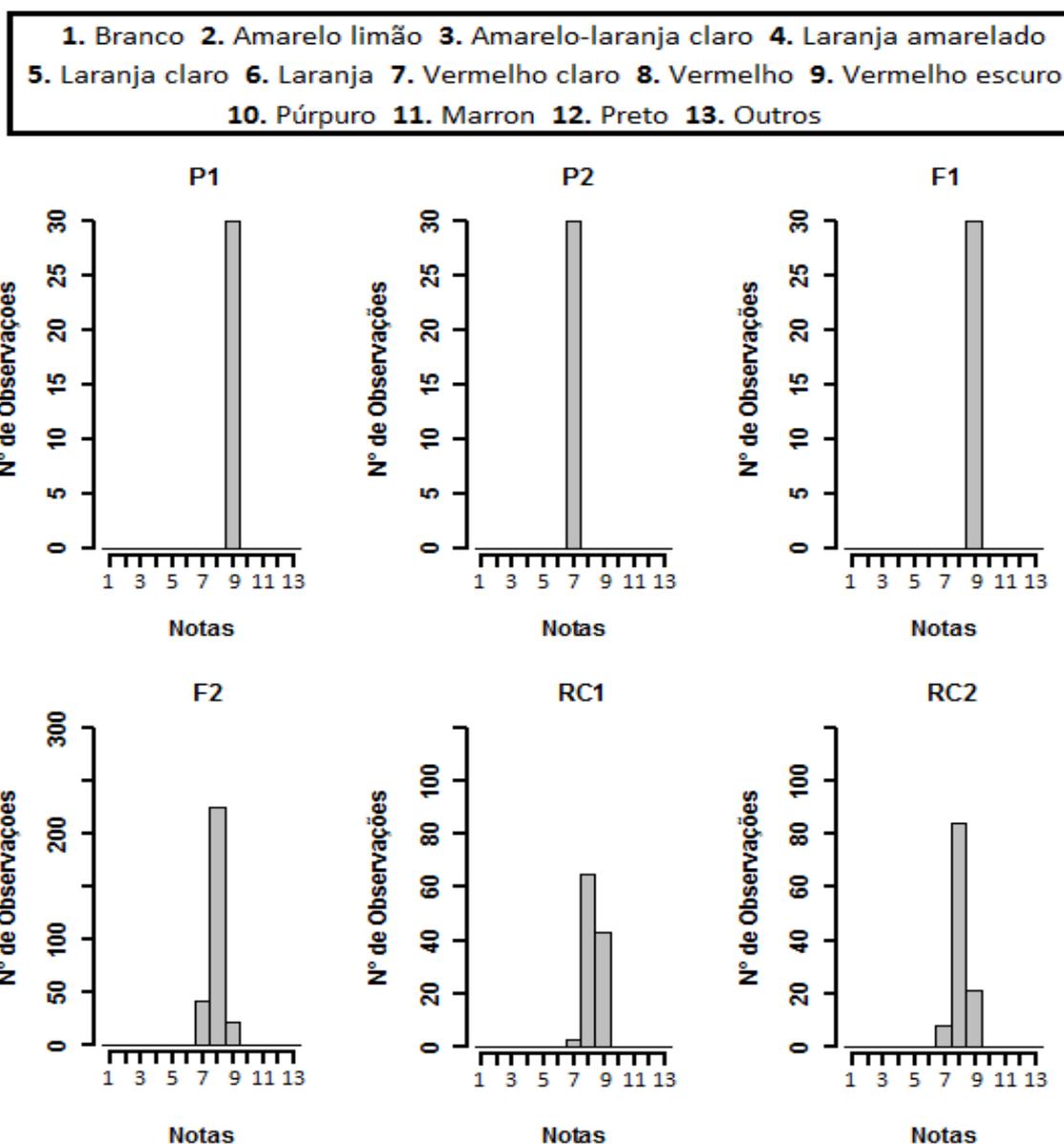


Figura 32 - Cor dos frutos no estágio maduro nas gerações avaliadas

O formato do fruto (Figura 33) do pimentão se concentrou na forma arredondada a quadrada. Na pimenta-de-cheiro, a forma foi a triangular, assim como na F₁. Para as demais categorias de gerações, houve a presença de várias formas do fruto, sendo que na F₂ a forma alongada se expressou em maior quantidade.

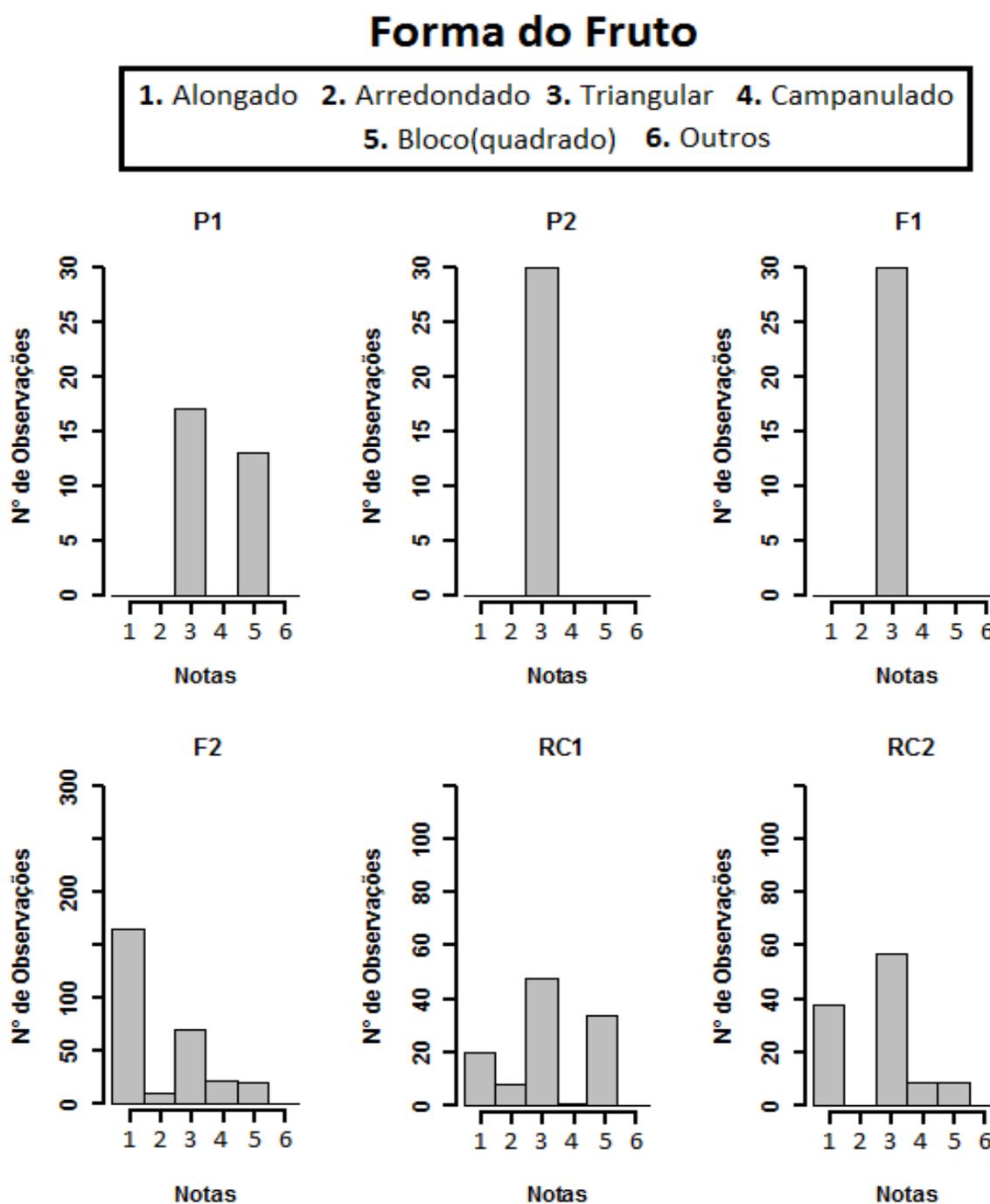


Figura 33 - Forma dos frutos nas gerações avaliadas

O comprimento do fruto variou de 4,0 – 6,0 cm no pimentão, característica da variedade utilizada no experimento, embora em menor grau foi observada a presença de indivíduos tanto abaixo desse valor, como acima (Figura 34). Para pimenta-de-cheiro as gerações F₂, RC₁ e RC₂ os frutos apresentaram várias classes, com os tamanhos variando de 2,0 cm até 12,0 cm.

Comprimento do fruto

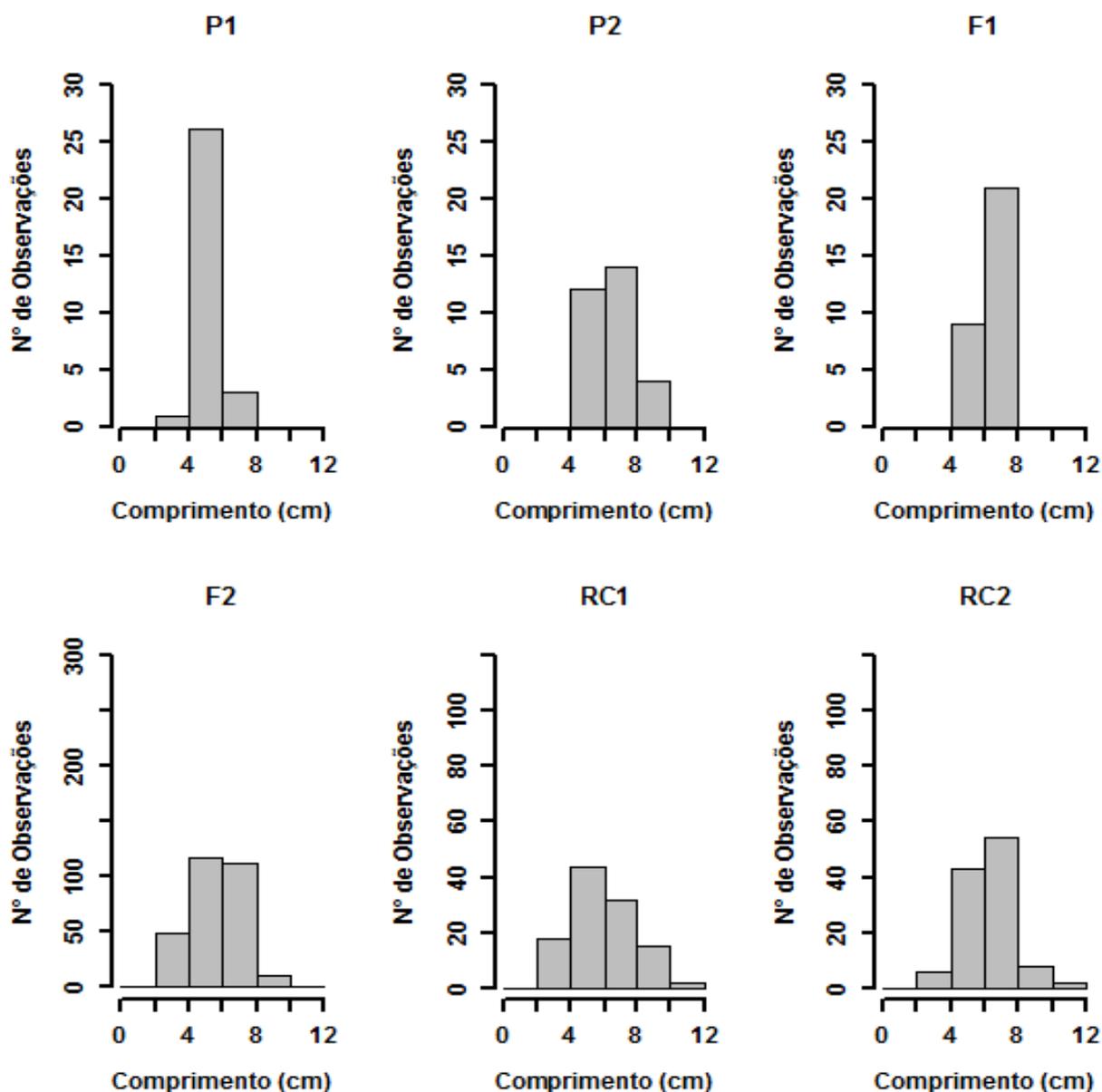


Figura 34 - Comprimento dos frutos nas gerações avaliadas

Considerando a associação entre tamanho do fruto com largura, F_1 apresentou comportamento mais próximo da P_2 do que de P_1 , ou seja, a largura se situou de 1,0 a 2,0 cm. As gerações seguintes apresentaram além dessas larguras, categorias bem maiores, alcançando até 5,0 cm (Figura 35).

Largura do Fruto

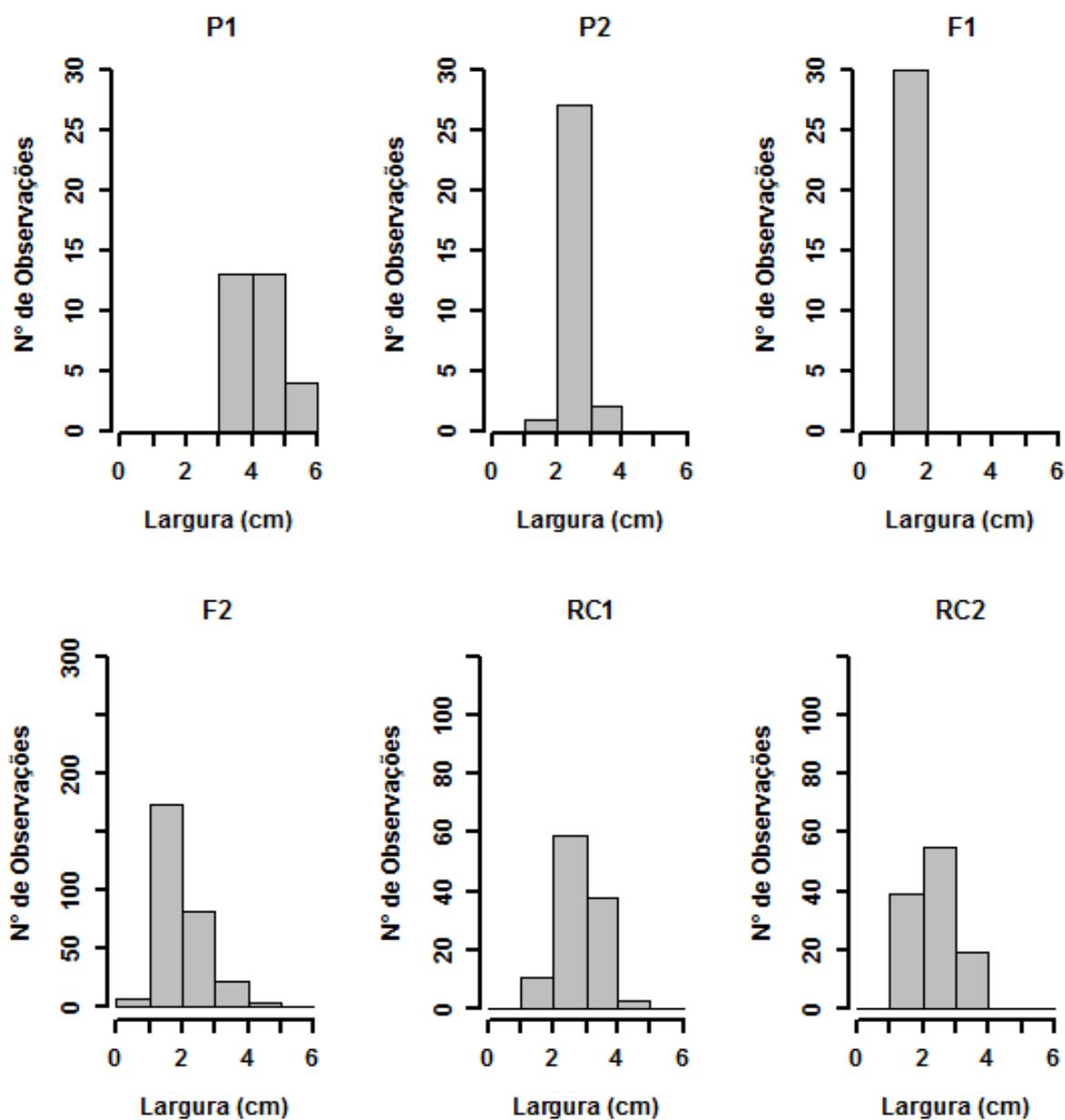


Figura 35 - Largura dos frutos nas gerações avaliadas

O peso do fruto foi maior no pimentão, variando de 200 g até 400 g, por unidade de fruto, enquanto na pimenta-de-cheiro situou-se de 25 g até 250 g (Figura 36). Nos demais materiais genéticos houve concentração dos pesos nas categorias de menor valor, ou seja, os frutos tinham peso até 200 g.

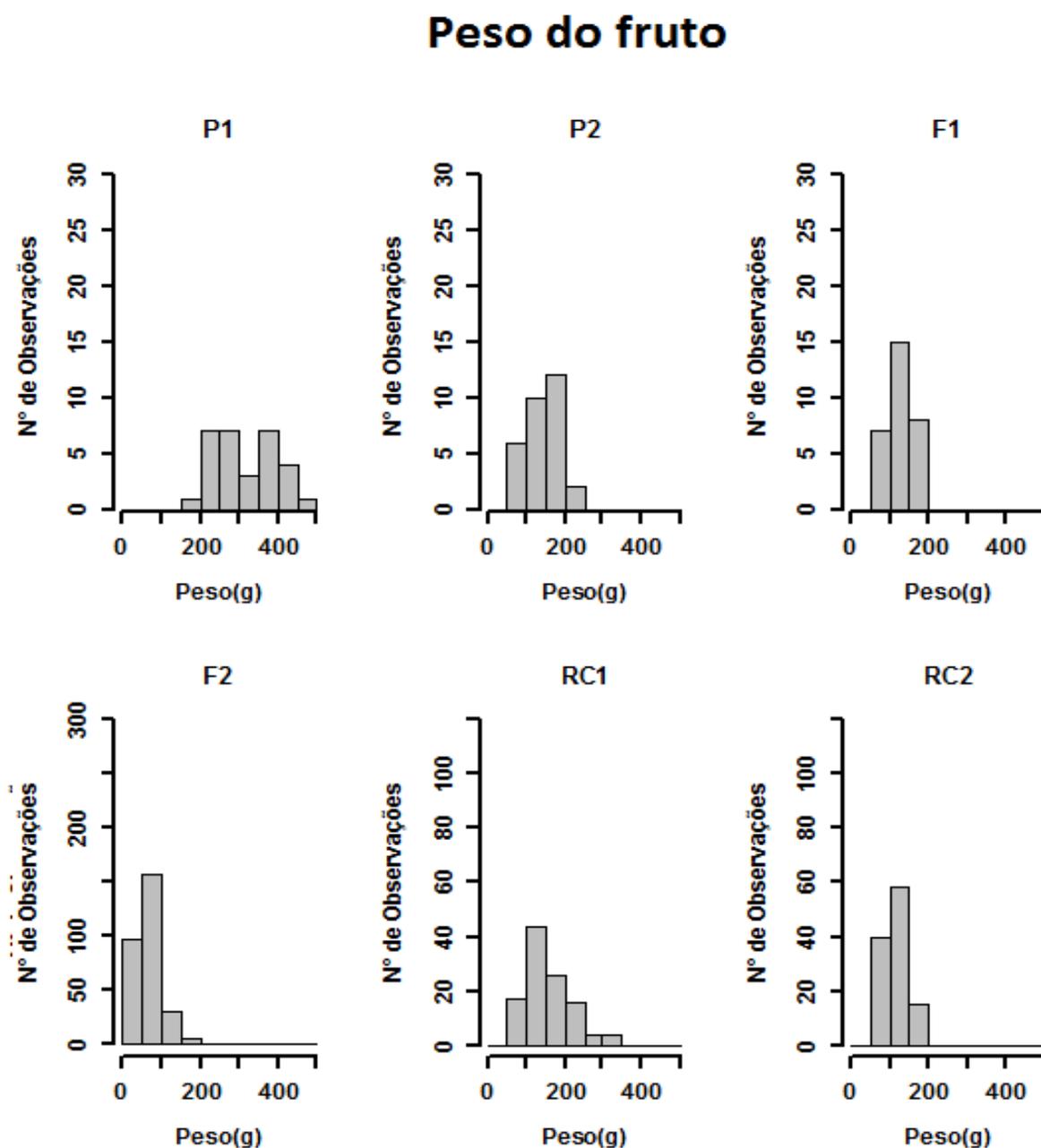


Figura 36 - Peso dos frutos nas gerações avaliadas

Somente na F₂ e RC₂ houve a presença de pescoço na base do fruto. Entretanto, em RC₂ o percentual de frutos que apresentaram pescoço equivaleu a 10%. Os frutos do híbrido F₁ e RC₁, assim como P₁ e P₂, não apresentaram essa característica. (Figura 37).

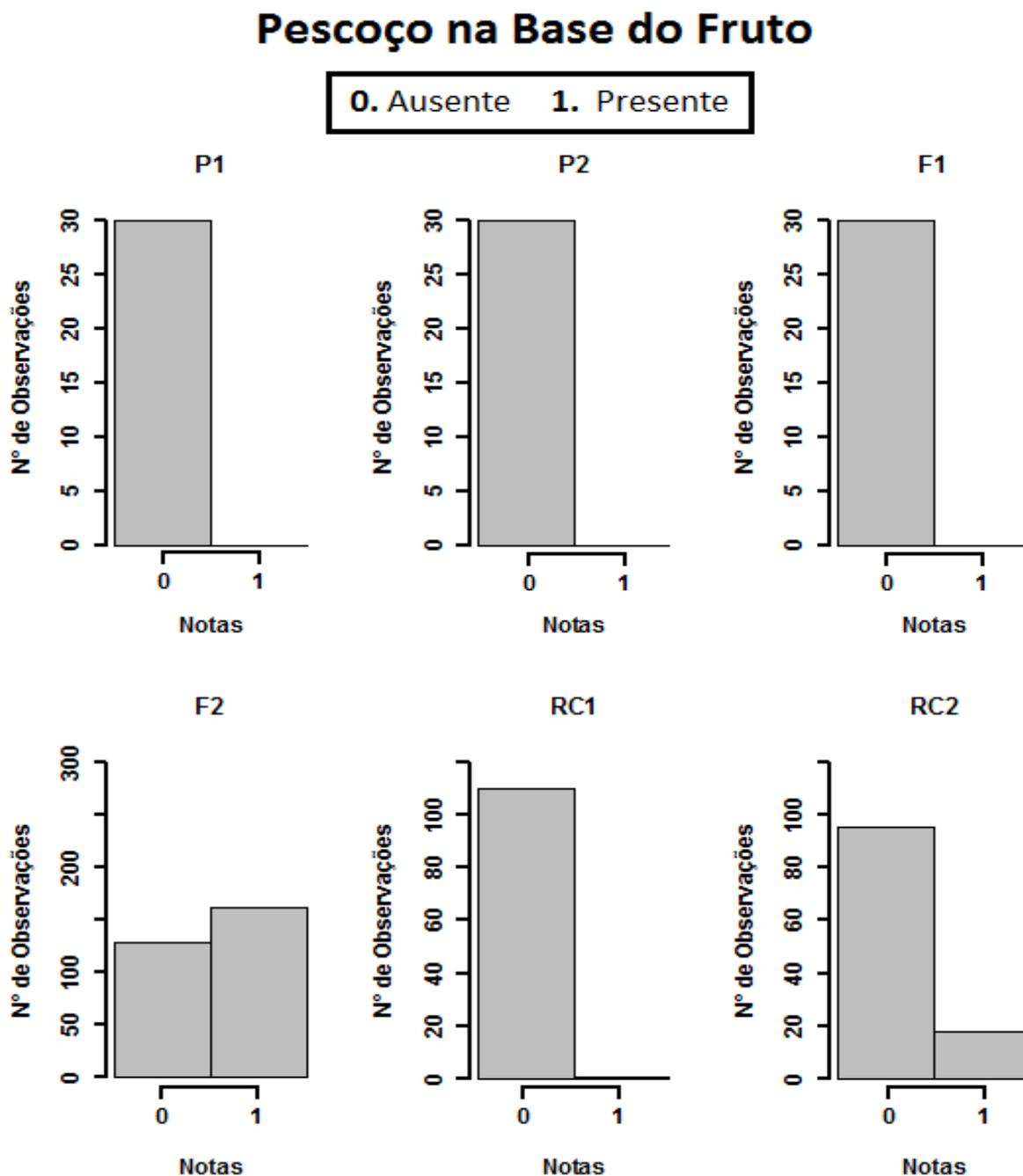


Figura 37 - Pescoço na base dos frutos das gerações avaliadas

A superfície dos frutos estudados nas diversas gerações apresentou superfície semi-enrugada e enrugada nos materiais oriundos de F₂, RC₁ e RC₂. A ocorrência de frutos enrugados nas gerações F₂ e RC₂ foi baixa em comparação às demais gerações observadas. Em RC₂ foram menos de 10 frutos, já em F₂ em torno de 20 frutos apresentaram rugosidade (Figura 38).

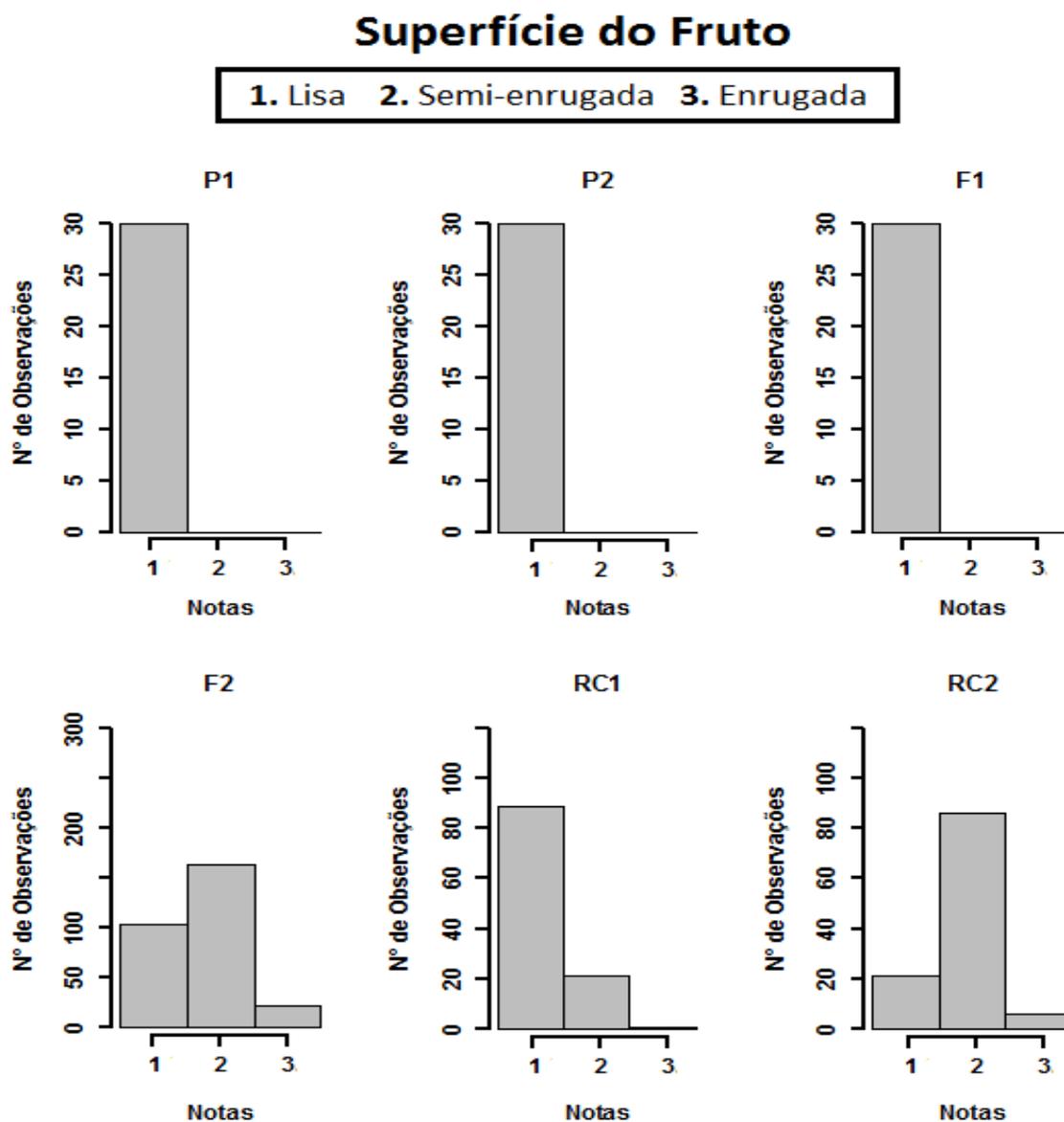


Figura 38 - Superfície dos frutos das gerações avaliadas

A persistência do pedicelo ao fruto (Figura 39) mostrou-se persistente em maior grau no P₁ e no RC₁. Na pimenta-de-cheiro foi leve e na F₁ intermediária. Em F₂ e RC₂ apresentou as três categorias/tipos: leve, intermediária e persistente.

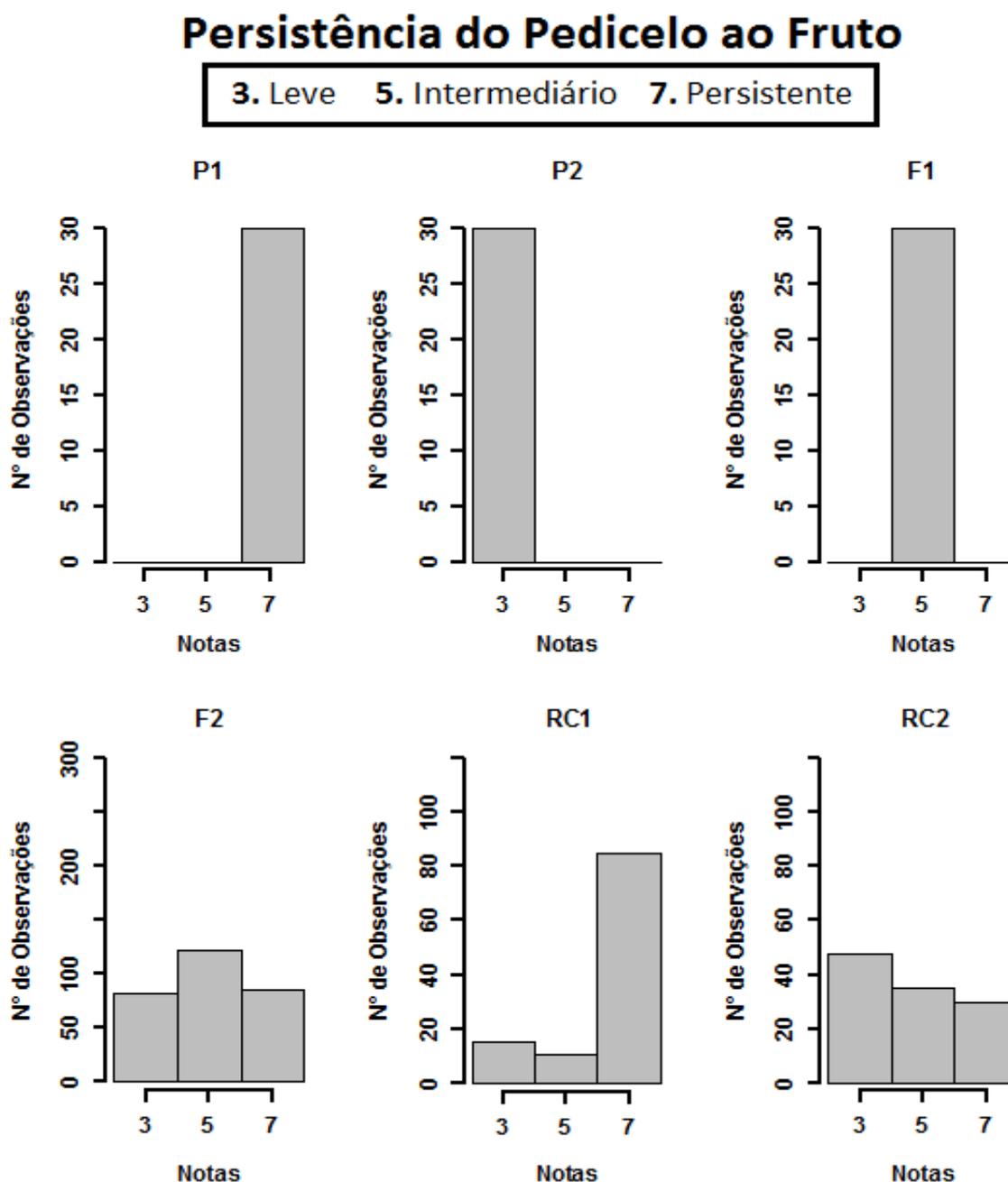


Figura 39 - Persistência do pedicelo ao fruto nas gerações avaliadas

Embora os parentais não apresentem pungência, na F₁ essa característica foi presente em todos os indivíduos. Para F₂ também estava presente, mas não na sua totalidade. Em RC₁ a ausência foi maior, enquanto em RC₂ foi maior para a categoria de presença de pungência (Figura 40).

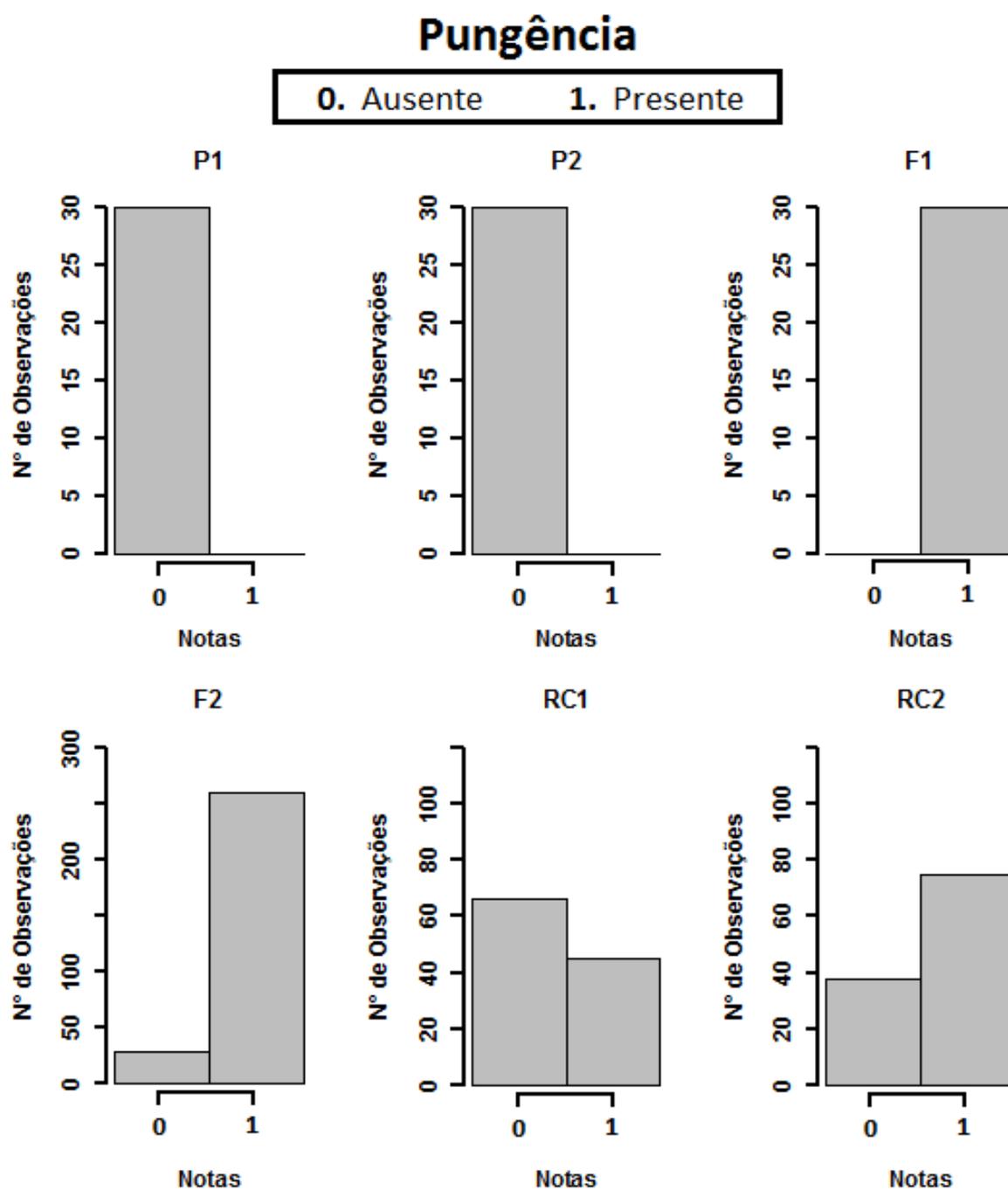


Figura 40 - Pungência dos frutos das gerações avaliadas

Por outro lado, o aroma só estava presente em P₂, mas mesmo assim não foi suficiente para transmitir essa característica à geração F₁, F₂, RC₁ e RC₂ apresentaram indivíduos com as duas categorias, sendo a RC₁ com maior número de observações para essa característica (Figura 41).

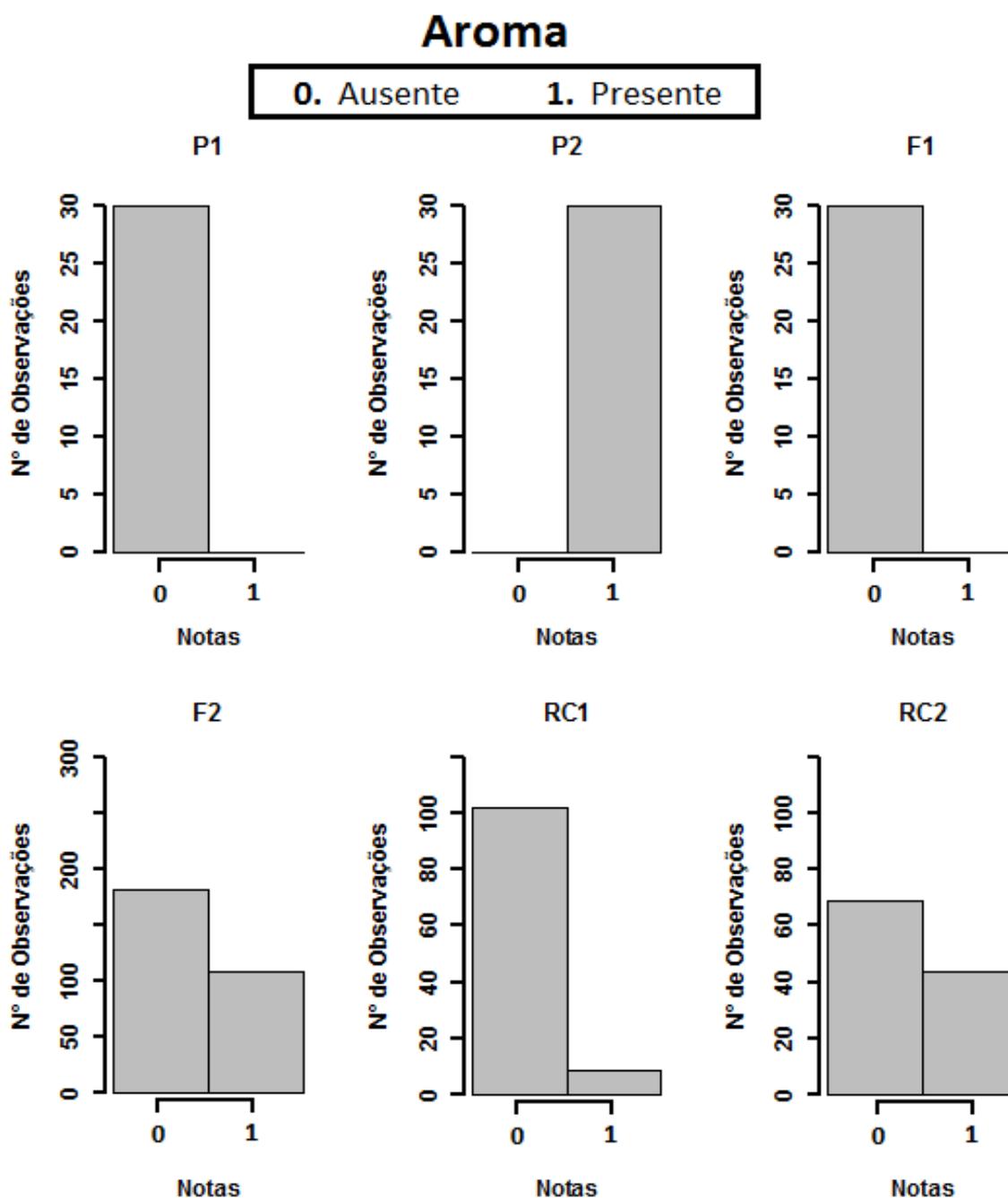


Figura 41 - Aroma dos frutos das gerações avaliadas

O número de sementes por fruto foi menor na pimenta-de-cheiro, com uma quantidade média menor de que 20 por fruto. Nas outras categorias, com exceção da F₁, o número de sementes chegou até 50 por fruto (Figura 42).

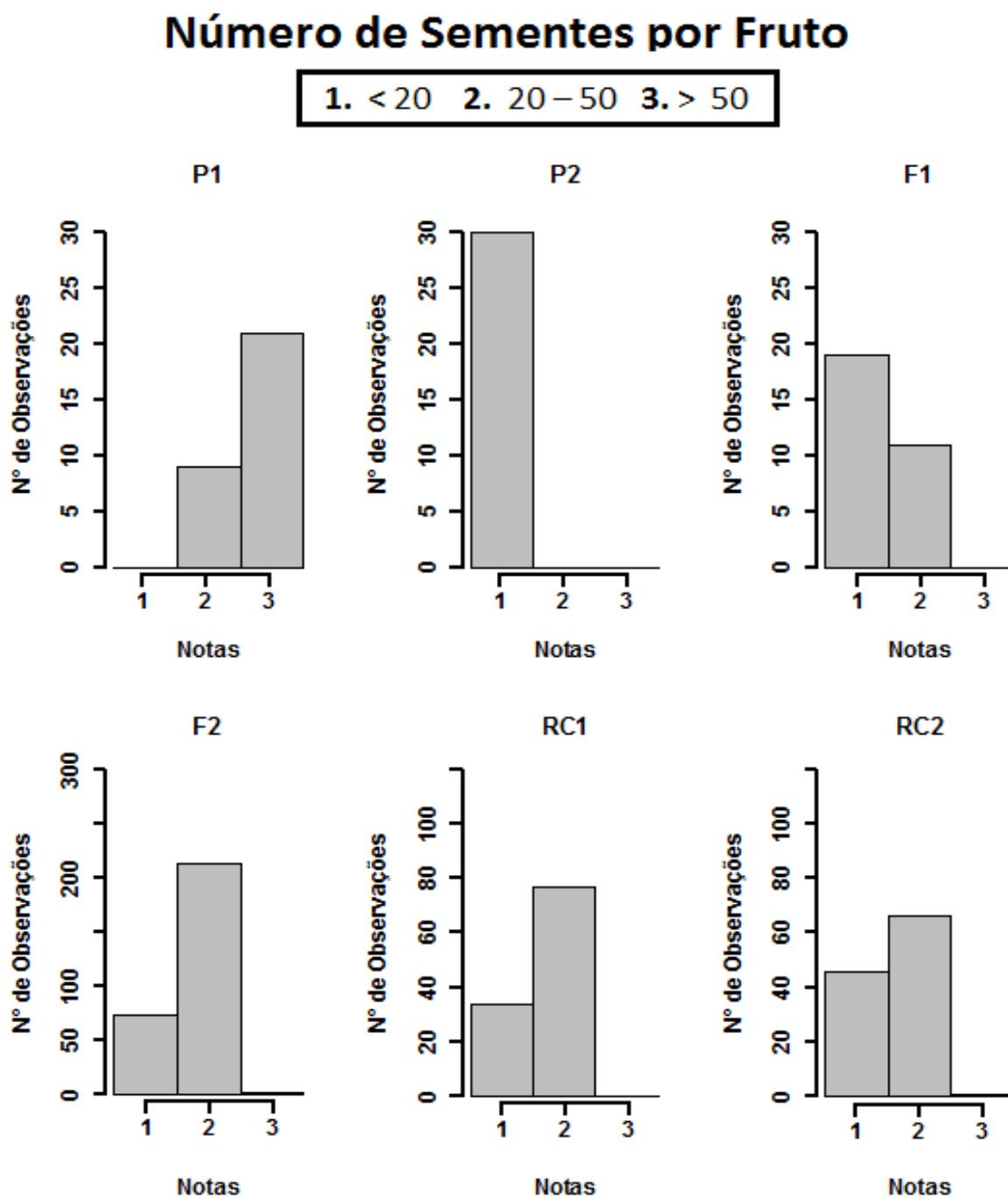


Figura 42 - Número de sementes nos frutos das gerações avaliadas

5.5.2 Características das plantas e frutos das gerações estudadas

Os diferentes formatos, comprimento, largura e cores dos frutos das gerações estudadas, após a colheita e ainda nas plantas, exibem em seus descendentes as características fenotípicas herdadas dos genitores. Esses caracteres são visivelmente observados no híbrido e nas gerações segregantes (Figuras 43, 44, 45, 46 e 47).

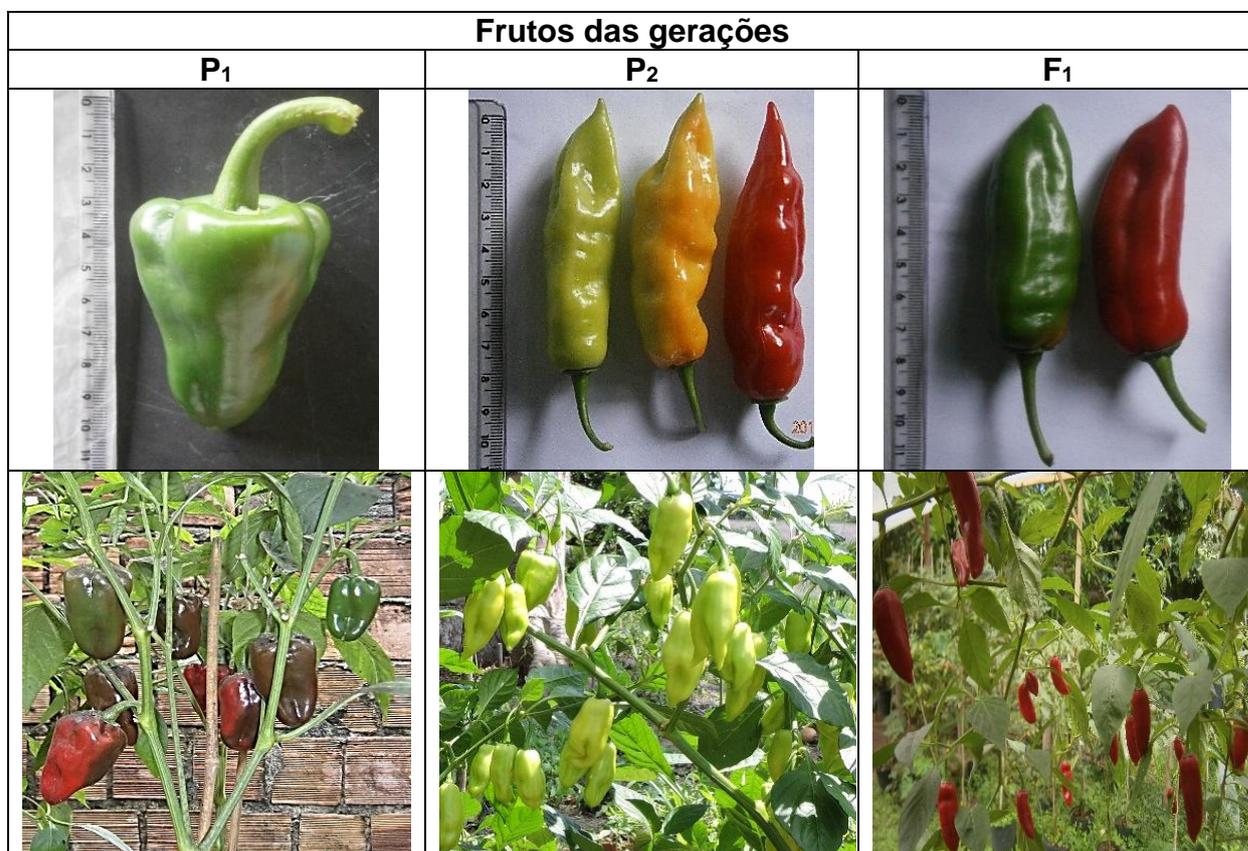


Figura 43 - Frutos dos genitores P₁ pimentão (*Capsicum annuum*), P₂ Pimenta de cheiro (*Capsicum chinense* Jacq. e híbrido F₁ pimenta de cheiro)

Frutos da geração F₂Figura 44 – Tamanho e formato dos frutos da geração segregante F₂

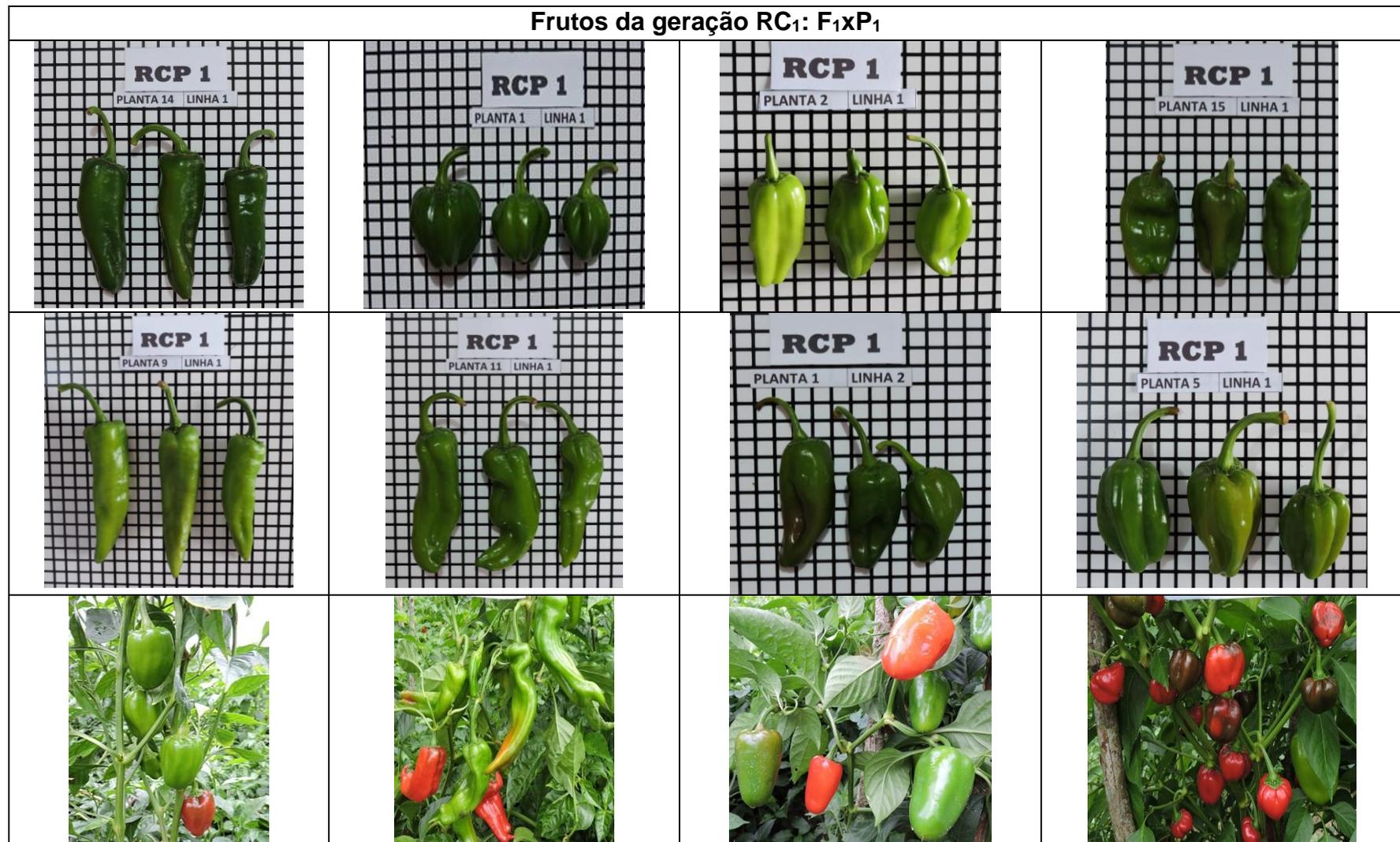


Figura 45 - Tamanho e formato dos frutos da geração segregante RC₁

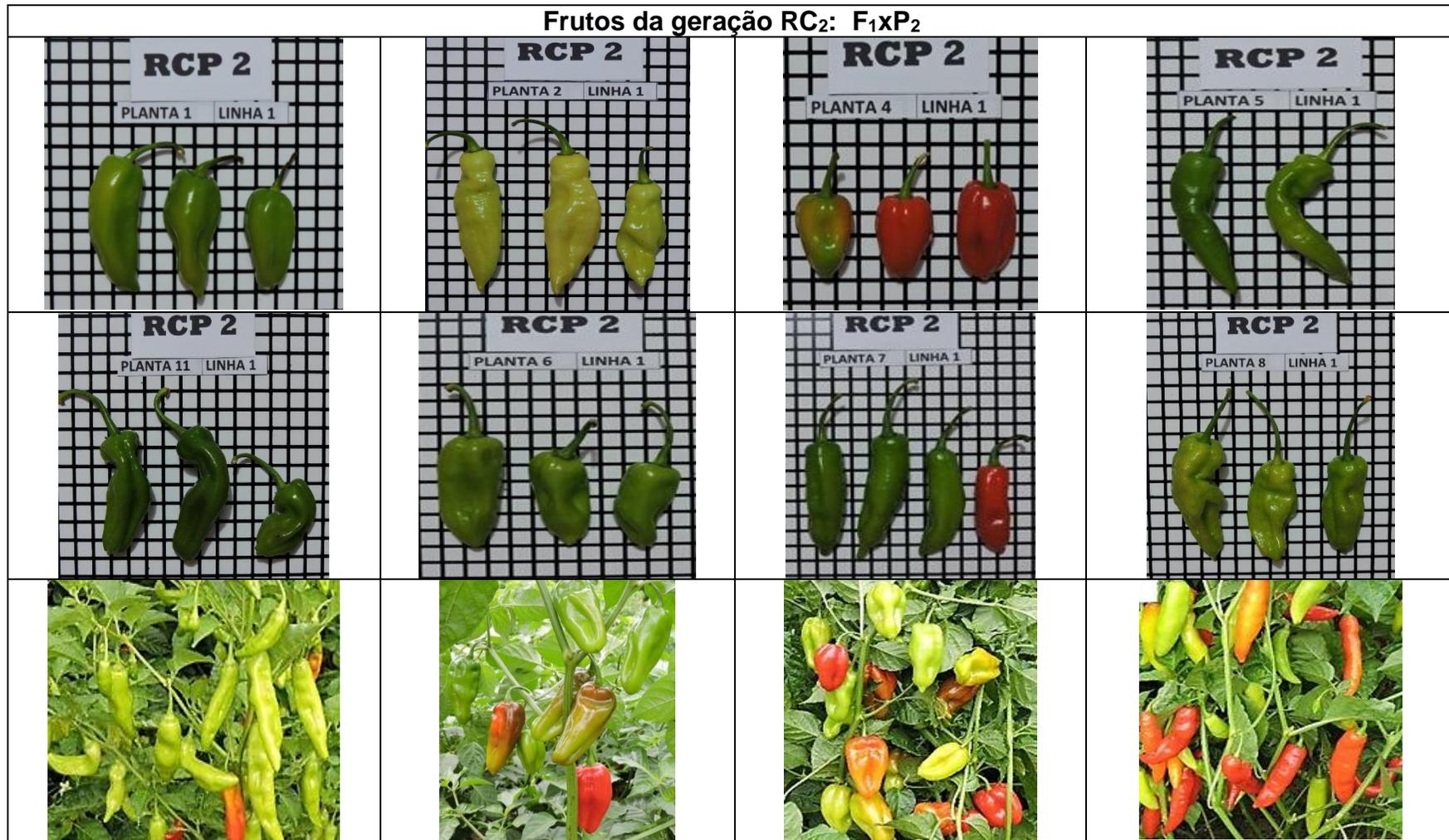


Figura 46 – Tamanho e formato dos frutos da geração segregante RC₂

6 CONCLUSÕES

1. O cruzamento interespecífico entre *C. chinense* e *C. annuum* é viável, no trabalho foi possível alcançar 53% de pegamento dos frutos que apresentaram mais de 50% das sementes viáveis.
2. Conhecer a morfologia das flores dos genitores, utilizados nos cruzamentos, identificando o horário da deiscência das anteras e a receptividade do estigma são fatores importantes que colaboram para o sucesso das polinizações.
3. O híbrido F₁ pimenta de cheiro apresentou características morfoagronômicas importantes para o cruzamento e melhoramento de plantas.
4. Verificou-se dominância parcial para altura da planta e largura do fruto e sobredominância para número de flores por axila, com indicativo de herança poligênica para estes caracteres.
5. Com exceção do caractere altura da planta, os efeitos aditivos tiveram maior importância do que os efeitos de dominância denotando potencial de ganhos pela obtenção de segregantes superiores.
6. Os efeitos epistáticos foram significativos para todos os caracteres e o efeito epistático do tipo aditivo x aditivo foi o mais importante na determinação do peso do fruto (67,19%) e teve grande contribuição na determinação do caractere largura do fruto (30,94%).
7. O modelo aditivo-dominante não foi suficiente para analisar todas as características e explicar sua variabilidade.

7 REFERÊNCIAS

ADAMS, B. D. **Antioxidant, anti-inflammatory, and antimicrobial properties of garlic and onions.** Nutrition & Food Science. 37(3):178-183, 2007.

ALEEMULLAH, M.; HAIGH, A. M.; HOLFORD, P. **Anthesis, anther dehiscence, pistil receptivity and fruit development in the Longum group of *Capsicum annuum*.** Australian Journal of Experimental Agriculture, v. 40. P. 755-762, 2000.

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

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

ALMEIDA et al. **Estudo da biologia floral e mecanismos reprodutivos do alfavacão (*Ocimum officinalis* L.) visando o melhoramento genético.** Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Campus de Jequié. Bahia, Brasil. Acta Scientiarum. Biological Sciences Maringá, v. 26, no. 3, p. 343-348, 2004. Disponível em:
<<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciBiolSci/article/download/1598/970>>.
Acessado em: 12/ 2015.

ALVES, S. R. M. **Pre-melhoramento em *capsicum*: identificação de espécies, hibridação interespecífica e variabilidade genética em caracteres de sementes.** 2015. 116 f. Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2015.

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

ANTONIOUS, G. F.; BERKE, T.; JARRET, R. L. **Pungency in *Capsicum chinense*: variation among countries of origin.** Journal of Environmental Science and Health, v.44, p.179-184, 2009.

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.

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 Amazon, v. 32, p. 177-192, 2002.

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

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

BLANK, A. F; SOUZA, R. J. de; GOMES, L. A. A. **Produção de pimentão em estufa.** Lavras: UFLA, 15p. (Boletim, 55). 1995.

BLAT, S. F.; COSTA, C. P.; VENCOSKY, 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=S010390162006000500008&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 05/ 2014.

BNEJDI, F.; SAADOUN, M.; ALLAGUI, M. B.; GAZZAH, M. E. L. **Epistasis and heritability of resistance to *Phytophthora nicotianae* in pepper (*Capsicum annum* L.).** Euphytica. DOI 10.1007/s10681-008-9857-4, 167:39–44. 2009.

BONTEMPO, M. **Pimenta e seus benefícios à saúde.** São Paulo: Alaúde. 108p. 2007.

BORÉM, A. **Melhoramento de plantas.** 5. ed. Viçosa: Editora UFV, 529 p. 2009.

BOSLAND, P. W. ***Capsicum*: innovative use of an ancient crop.** In: Janick, J. (ed.) Progress in New Crops. ASHS Press, Arlington. p. 479-487. 1996.

BOSLAND, P. W., (1993) **Breeding for quality *Capsicum*.** *Capsicum* and Eggplant Newsletter, 12: 25-31.

BOSLAND, P. W.; VOTAVA, E. J. **Peppers: vegetable and spice *Capsicums*.** Wallingford: Cabi, 204p. 1999.

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.; AMARAL, Z. P. S.; MACHAD, F. R. B.; BEM, L. B.; FERREIRA M. E. **Variedade genética e análise filogenética de espécies brasileiras de pimenta e pimentão (*Capsicum spp*)**. In: Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas 2, Anais. Porto Seguro: SBMP 1 CD-ROM. 2003.

CAMPOS, K. P. **Obtenção, caracterização molecular, morfológica e reprodutiva de híbridos entre espécies de *Capsicum***. 158f. Tese de Doutorado. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. 2006.

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.

CARVALHO, F. I. F.; SILVA, S. A.; KUREK, A. J.; MARCHIORO, V. S. **Estimativas e implicações da herdabilidade como estratégia de seleção**. Pelotas: Universitária, 99p. 2001.

CARVALHO, J. C. T., Gosmann, G., Schenkel, E. P. **Compostos fenólicos simples e heterosídicos** 443-459 In: Farmacognosia: da planta ao medicamento/organizado por Cláudia Maria Oliveira Simões. [et al.]. – 4.ed. – Porto Alegre/Florianópolis: Ed. Universidade/UFRGS/Ed. Da UFSC, 2002.

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

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

CASALI, V. W. D. **Cruzamentos Interespecíficos no gênero *Capsicum***. Universidade Federal de Viçosa, p. 03-07. Tese Doutorado. Viçosa-MG, 1970.

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

CASTRO, S. P.; DÁVILA, M. A. G. **Caracterización morfológica de 93 accesiones de *Capsicum* spp del banco de germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia** – Sede Palmira. Acta Agronómica, v.57, n.4, p.247-252, 2008.

CHIA, G. S. et al. **Repetibilidade da produção de cachos de híbridos interespecíficos entre o caiaué e o dendezeiro**. Acta Amazônica vol. 39(2) p 249 - 254. 2009.

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

CONCEIÇÃO, L. D. H. C.; DOERR, L. M. W.; BARBOSA, N. J. F. **Seleção para tolerância ao alumínio em milho com base em parâmetros genéticos e análise multivariada**. Bragantia, 69 (4): 807-814. 2010.

COSTA, L. V., et al. **Cross compatibility of domesticated hot pepper and cultivated sweet pepper**. Crop Breeding and Applied Biotechnology. v.9, p.181-186. Minas Gerais: UFV, 2009.

CRUZ, C. D. **Programa Genes (versão Windows): aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: UFV, 648p. 2001.

CRUZ, C. D. **Princípios de genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 648p. 2005.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético - Volume 1**. Viçosa: UFV, 514 p. 2012.

CRUZ, C. D. **GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics**. Acta Scientiarum, v.35, n.3, p.271-276, 2013.

CRUZ, C. D. **Programa Genes versão Windows: aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: UFV, 442 p. 2001.

CRUZ, D. O. **Biologia floral e eficiência polinizadora das abelhas *Apis mellifera* L. (Campo aberto) e *Melipona quadrifasciata* Lep. (Ambiente protegido) na**

cultura de pimenta malagueta (*Capsicum frutescens* L.) em Minas Gerais –Tese – Brasil, 2009.

DUTRA, F. J. A., et al. **Aplicação de técnicas multivariadas no estudo da divergência genética em cana-de-açúcar.** Revista Ciência Agronômica, v. 42, n. 1, p. 185-192. 2010.

Embrapa Hortaliças. **Sistemas de produção**, 4 - 1ª Edição. Versão Eletrônica Jul./2007.

ESHBAUGH, W. H. **History and exploitation of a serendipitous new crop discovery.** In: JANICK, J.; SIMON, J. E. (Ed.). *New crops*. Wiley, New York. p. 132-139.1993.

FAO. **Agricultural production, primary crops.** 2010. Disponível em <<http://www.fao.org>>. Acesso em 06/2015.

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.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças.** 2. ed. (rev.e ampl.), Viçosa: UFV, 412p. 2003.

FLORES M. P.; CASTRO A. P. C. R.; NASCIMENTO J. S. **Analgésicos tópicos.** Revista Brasileira de Anestesiologia Vol. 62, No 2, Março-Abril, 2012.

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, 2007.

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

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

GONÇALVES, L. S. A.; RODRIGUES, R.; BENTO, C. S.; ROBAINA, R. R.; AMARAL JUNIOR, A. T. **Herança de caracteres relacionados à produção de frutos em *Capsicum baccatum* var. pendulum com base em análise dialélica de Hayman.** Revista Ciencia Agronomica, (3): 662-669. 2011.

GUPTA, C. R.; YADAN, R. D. S. **Genetic variability and path analysis in chilli (*Capsicum annum*).** Genetica Agraria, Roma. v. 38, p. 425-432, 1984.

HEISER JUNIOR, C. B.; SMITH, P. G. **New species of *Capsicum* from South America.** Brittonia, v. 10, n. 4, p. 194-201, 1958.

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

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

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

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

Gene effect and heterosis in *Capsicum baccatum* var. pendulum. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v44n6/a16214cr2012-1011.pdf>>. Acessado em: 12/2015.

JARRET, R. L.; BERKE, T. **Variation for fruit morphological characteristics in a *Capsicum chinense* Jacq. germoplasm collection.** HortScience, v.43, n.6, p.1694-1697, 2008.

JOST, E. et al. **Potencial de aumento do teor de ferro em grãos de feijão por melhoramento genético.** Bragantia - vol.68 n^o.1 Campinas, 2009. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052009000100005>. Acessado em: 12/2015.

JUDD, W. S.; CAMPBELL, C. S.; KELLOGG, E. A.; STEVENS, P. F.; DONOGHUE, M. J. Sistemática vegetal. **Um enfoque filogenético.** 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 632p.

JUHASZ, A. L. et al. **Assessment of Four Commonly Employed in Vitro Arsenic Bioaccessibility Assays for Predicting in Vivo Relative Arsenic Bioavailability in Contaminated Soils.** *Environ. Sci. Technol.*, 2009, 43 (24), pp 9487–9494. Disponível em: <<http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acs.est.5b02508>>. Acessado em 12/2015.

KIRSCHBAUM-TITZE, P.; HIEPLER, C.; MUELLER-SEITZ, E.; PETZ, M. Pungency in paprika (*Capsicum annuum*) 1. **Decrease of capsaicinoid content following cellular disruption.** *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 1260–1263. 2002.

KRAJEWSKA, A. M.; POWERS, J. J. **Sensory properties of naturally occurring capsaicinóides.** *Journal of Food Science.* p.902–905, 1988.

LANTERI, S.; PICKERSGILL, B. **Chromosomal structural changes in *Capsicum annuum* L. and *C. chinense* Jack..** CAB Abstracts, p.10-24, 1993.

LINS, T. C. L.; LOURENÇO, R. T.; TAVARES, H. M. F.; REIFSCHNEIDER, F. B.; FERREIRA, M. E.; CORTOPASSI BUSO, G. S. **Caracterização molecular e análise da diversidade genética de acessos de *Capsicum* utilizando marcadores moleculares.** Resumo 158. 2001. Disponível em <<http://www.sbmp.org.br/cbmp2001/area4/04>> Acessado em 12/2015.

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

LUNN, J. **Nutrição e envelhecimento saudável.** *Nutrição em Pauta.* São Paulo, ano 15, 85: 5-9. 2007.

MATHER, K.; JINKS, J. L. **Introdução à genética biométrica.** Tradução de F. A. M. DUARTE *et al.* Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 242 p.1984.

McLEOD, M. J.; ESHBAUGH, W. H.; GUTTMAN, S. I. **Early evolution of chilli peppers (*Capsicum*).** *Economic Botany*, New York, 36(4): 361-68, 1982.

MEDEIROS et al. **Efeito gênico e heterose em cruzamentos de *Capsicum baccatum* var. *pendulum*.** *Ciência Rural*, Santa Maria, v.44, n.6, p.1031-1036, jun, 2014.

MONTEIRO, C. E. S. **Estudos genéticos em população segregante oriunda de cruzamento interespecífico em *Capsicum***. 84f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes – Rio de Janeiro. 2009.

MOREIRA, G. R.; CALIMAN, F. R. B.; SILVA, D. J. H.; RIBEIRO, C. S. C. **Espécies e variedades de pimenta**. Informe Agropecuário, v.27, n.235, p.16-29, 2006.

MOREIRA, G. R et al. **Herança de caracteres de resistência por antixenose de *Solanum pennellii* à traça-do-tomateiro em cruzamento com 'Santa Clara'**. *Hortic. Bras.* [online], vol.31, n.4, pp.574-581. 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362013000400011>>. Acessado em 09/2015.

MOURA, M. C. C. L.; GONÇALVES, L. S. A.; SUDRÉ, C. P.; RODRIGUES, R.; AMARAL, J. A. T.; PEREIRA, T. N. S. **Algoritmo de Gower na estimativa da divergência genética em germoplasma de pimenta**. Horticultura Brasileira 28: 155-161. 2010.

NAHAR, K.; DEB, A. C.; SAMAD, M. A.; KHALEQUE, M. A. **Genetic study of some agronomical traits through single cross analysis in blackgram [Vigna mungo (L.) Hepper]**. Int. J. Sustain. Crop Prod. 5(3):22-28. 2010.

NASCIMENTO FILHO, H. R.; BARBOSA, R. I.; LUZ, F. J. F. **Pimentas do gênero *Capsicum* cultivadas em Roraima, Amazônia brasileira**. II. Hábitos e formas de uso. Acta Amazonica, v. 37, n. 4, p. 561-568, 2007.

NASCIMENTO, I. R.; MALUF, W. R.; VALLE, L. A. C.; MENESES, C. B.; GANDOLFI, B. F. R. **Capacidade combinatória e ação gênica na expressão de caracteres de importância econômica em pimentão**. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 28, n. 2, p. 253-262, mar/abr., 2004.

NASCIMENTO, I. R.; MALUF, W. R.; VALLE, L. A. C.; MENESES, C. B.; GANDOLFI BENITES, F. R. **Capacidade combinatória e ação gênica na expressão de caracteres de importância econômica em pimentão**. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 28, n. 2, p. 253-262, mar/abr., 2004.

NASCIMENTO, N. F. F. do. **Heterose e diversidade genética em híbridos intra e interespecíficos de pimenteiros ornamentais (*Capsicum* spp.)**. Dissertação de mestrado. 2013. 105 f. Universidade Federal de Viçosa. MG, Brasil.

NASCIMENTO, W. M. et al. **Produção de sementes de pimentas**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.27, p.30-39, 2006.

NASS, L. L. (ed.) **Recursos genéticos vegetais**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. p.281-305. 2007.

NEITZKE, R. S.; BARBIERI, R. L.; HEIDEN, G.; CASTRO, C. M. **Divergência genética entre variedades locais de *Capsicum baccatum* utilizando caracteres multicategóricos**. Magistra, Cruz das Almas-BA, v.20, n.3, p.249-255, 2008.

NWOKEM, C. O.; AGBAJI, E. B.; KAGBU, J. A.; EKANEM, E. J. **Determination of capsaicin content and pungency level of five different peppers grown in Nigeria**. New York Science Journal. v.3, n.9, p.17-21, 2010.

OLIVEIRA, V. R.; CASALI, V. W. D.; CRUZ, C. D. PEREIRA, P. R. G.; BRACCINI, A. L. **Avaliação da diversidade genética em pimentão através de análise multivariada**. Horticultura Brasileira, v.17, n.1, março, 1999.

OLIVEIRA, R. M. de. **Importância da vegetação espontânea na polinização de pimentas *Capsicum frutescens***, Dissertação – 50f. Visçosa, MG, 2014.

PAULA, R. C.; PIRES, I. E.; BORGES, R. C. G.; CRUZ, C. D. **Predição de ganhos genéticos em melhoramento florestal**. Pesquisa agropecuária brasileira, 37 (2): 159-165. 2002.

PEREIRA, A. V.; OTTO, R. F.; REGHIN, M. Y. **Efeito da proteção com agrotêxtil na produtividade da cultura do pimentão em Ponta Grossa PR**, Horticultura Brasileira, Brasília, v. 19, suplemento CD-ROM, julho – 2001.

PEREIRA, A. L. **Cultura do pimentão**. Fortaleza: DNOCS, 50 p.1990.

PERUCKA, I.; OLESZEK, W. **Extraction and determination of capsaicinoids in fruit of hot pepper *Capsicum annuum* L. by spectrophotometry and high-performance liquid chromatography**. Food Chemistry, v. 71, p. 287-291, 2000.

PICKERGILL, B. **Some aspects of interespecific hybridization in *Capsicum***. IVth Meeting of the EUCARPIA *Capsicum* Working Group, p.14-16, 1980.

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. **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, 1969. p. 443-50.

PINO, J.; GONZÁLEZ, M.; CEBALLOS, L.; CENTURIÓN-YAH, A. R.; TRUJILLOAGUIRRE, J.; LATOURNERIE-MORENO, L.; SAURI-DUCH, E. **Characterization of total capsaicinoids, color and volatile compounds of habanero chilli pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) cultivars in Yucatan.** Food Chemistry, v.104, p.1682-1686, 2007.

POULOS, J. M. **Pepper breeding (*Capsicum* spp.): achievements, challenges and possibilities.** Plant Breeding Abstracts, v.64, n.2, p.144-155, 1994.

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

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

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, J. B. **Melhoramento de espécies autógamas.** In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES-INGLIS, M. C. (Ed.). Recursos genéticos e melhoramento - plantas. Rondonópolis: Fundação-MT, 2001. pp.201-230

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

RÊGO, E. R.; FINGER, F. L.; NASCIMENTO, N. F. F.; ARAÚJO, E. R.; SAPUCAY, M. J. L. C. **Genética e melhoramento de pimenteiras.** In: RÊGO, E. R.; FINGER, F. L.; RÊGO, M. M. (Org.). Produção, Genética e Melhoramento de Pimentas (*Capsicum* spp.). 1 ed. Recife - PE: Imprima, v. 1, p. 117-136. 2011b

RÊGO, E. R.; FINGER, F. L.; RÊGO, M. M. **Consumption of pepper in Brazil and its implications on nutrition and health of humans and animals**. In: Salazar, M. A; Ortega, J. M. (Org.). Pepper: nutrition, consumption and health. 1ed. New York: Nova Science Publishers Inc., v. 1, p. 159170. 2012b.

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

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

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

REGO, E. R.; RÊGO, M. M.; FINGER, F. L.; NASCIMENTO, N. F. F.; NASCIMENTO, M. F.; SANTOS, R. M. C. **Phenotypic Variability and Importance of Characters in a F2 Segregating Generation of Ornamental Chili (*Capsicum annum*)**. Acta Horticulturae. 1000, p: 493498. 2013.

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

REZENDE, R. M.; PASQUALOTTO, A. T.; VELLOSO, J. A.; FERREIRA, A. D.; LARA, J. M. R. A.; REZENDE, J. C. **Estimativa de parâmetros genéticos em características agronômicas de progênies de *Coffea arábica***. VII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, Araxá –MG. 2011.

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

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., MELO, R. A. C. **Hibridação interespecífica entre *Capsicum annum* e *Capsicum chinense* visando resistência à *Phytophthora capsici***. In: 45º Congresso Brasileiro de Olericultura, Revista Horticultura Brasileira, Brasília, 2005. p. 368- 368.

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

SILVA FILHO, D. F.; OLIVEIRA, M. C.; MARTINS, L. H. P.; NODA, H.; MACHADO, M. **Diversidade fenotípica em pimenteiros cultivadas na Amazônia**. In: Seminário de Iniciação Científica da Universidade Federal do Maranhão. São Luiz, MA. 2009. 6p.

SILVA NETO, J. J. da et al. **Variabilidade em população base de pimenteiros ornamentais (*Capsicum annum* L.)**. Rev. Ceres [online]. 2014, vol.61, n.1, pp. 84-89.

SILVA, A. V. C. DA.; MARTINS, A. B. G.; LEMOS, E. G. M. **Variabilidade genética entre diferentes cultivares de videira**. In: 2º Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas - Porto Seguro Bahia abril 2003 pp: 549-552 (2748). 2003.

SILVA, C. Q. **Heterose e capacidade combinatória de híbridos de *Capsicum annum* para o mercado ornamental**. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual Do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF. Campos Dos Goytacazes - RJ Março – 2015

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 2015.

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.

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

SOUSA, J. A.; MALUF, W. R. **Diallel analyses and estimation of genetic parameters of hot pepper (*Capsicum chinense* Jacq).** Scientia Agrícola, Piracicaba, v.60, p.105-113, 2003.

STUMMEL, JR; BOSLAND, P. **Ornamental pepper. *Capsicum annum*.** In: **ANDERSON, N.O. Flower breeding and genetics: issues, challenges, and opportunities for the 21st Century**, ed. Dordrecht, Holanda: Springer, 2006. p. 561-599.

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

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

SUDRÉ, C. P.; LEONARDECZ, E.; RODRIGUES, R.; AMARAL, J. A. T.; MOURA, M. C. L.; GONÇALVES, L. S. A. **Genetic resources of vegetable crops: a survey in the Brazilian germplasm collections pictured through papers published in the journals of the Brazilian Society for Horticultural Science.** Horticultura Brasileira 25: 496-503. 2007.

TEIXEIRA, R. **Diversidade em *Capsicum*: análise molecular, morfoagronômica e química.** 114f. (Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Viçosa). 1996.

VALVERDE, R. M. V. **Composição bromatológica da pimenta malagueta in natura e processada em conserva.** 54 f. Dissertação (Mestrado Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, Bahia. 2011.

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

WAGNER, C. M. **Variedade e base genética da pungência e de caracteres do fruto: implicações no melhoramento de uma população de *Capsicum annum* L.** 2003. 104 p. Dissertação (Mestrado Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

YOON, J. B.; YANG, D. C.; DO, J. W.; PARK, H. G. (2006). **Overcoming two post-fertilization genetic barriers in interspecific hybridization between *Capsicum***

annuum and C. baccatum for introgression of Antracnose Resistance. *Breeding Science*, v. 56: p. 31-38.

ZAMBRANO, G. M., GONZÁLVIZ, J. R. A. D., MERAZ, M. R., LOERA, A. R., CAMPODÓNICO, O. P. **Efectos genéticos y heterosis em La vida de aneque Del Chile Serrano.** *Revista de Fitotecnia Mexicana*. 28 (4):327-332, 2005.

ZANCANARO, R. D. **Pimentas: tipos, utilização na culinária e funções no organismo.** Monografia (Graduação em Gastronomia e saúde). Brasília, Universidade de Brasília – UnB, 43p. 2008.

ZDRAVKOVIC, J.; ZIVOSLAV, M.; MIRJANA, M.; BOGOLJUB, Z.; MILAN, Z. **Epistatic gene effects on the yield of the parents of F1, F2, BC1 and BC2 progeny.** *Acta Physiologiae Plantarum*, v.22, n.3, p.261-266, 2000.

ZEWDIE, Y.; BOSLAND, P. **Capsaicinoid inheritance in na interspecific hibridization of *Capsicum annum* e *C. chinense*.** *J. AmSocHorticSci* 125(4):448-453. 2000.

ZEWDIE, Y.; TONG, N.; BOSLAND, P. **Establishing a core collection of *Capsicum* using a cluster analysis with enlightened selection of accessions.** *Genetic Resources and Crop Evolution*, v. 51, p. 147-151, 2004.