

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**ÉPOCAS DE SEMEADURA E POPULAÇÕES DE PLANTAS PARA
CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI NO OUTONO-INVERNO EM
BOTUCATU-SP**

ALINE DE OLIVEIRA MATOSO

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU-SP
Julho - 2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**ÉPOCAS DE SEMEADURA E POPULAÇÕES DE PLANTAS PARA
CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI NO OUTONO-INVERNO EM
BOTUCATU-SP**

ALINE DE OLIVEIRA MATOSO
Engenheira Agrônoma
Mestre em Agronomia

Orientador: Prof. Dr. Rogério Peres Soratto

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU-SP
Julho – 2014

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

M433e Matoso, Aline de Oliveira, 1985-
Épocas de semeadura e populações de plantas para cultivos de feijão-caupi no outono-inverno em Botucatu-SP / Aline de Oliveira Matoso. - Botucatu : [s.n.], 2014
xv, 134 f. : fots. color., grafs., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2014
Orientador: Rogério Peres Soratto
Inclui bibliografia

1. Feijão-de-corda - Semeadura. 2. Feijão-de-corda - Cultivo. 3. Semeadura - Fatores climáticos. 4. Feijão-de-corda - Rendimento. I. Soratto, Rogério Peres. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu. Faculdade de Ciências Agrônomicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "ÉPOCAS DE SEMEADURA E POPULAÇÕES DE PLANTAS PARA
CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI NO OUTONO-INVERNO EM
BOTUCATU - SP"

ALUNA: ALINE DE OLIVEIRA MATOSO

ORIENTADOR: PROF. DR. ROGERIO PERES SORATTO

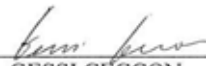
Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. ROGERIO PERES SORATTO



PROF. DR. CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL



PROF. DR. GESSI CECCON



PROF. DR. MARCELO DE ALMEIDA SILVA



PROF. DR. ANTONIO AECIO CARVALHO BEZERRA

Data da Realização: 21 de julho de 2.014.

“A terra não pode ser ganha como herança, nem pode ser comprada com dinheiro, a terra é sempre emprestada das gerações futuras”. (Provérbio Chinês)

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota”. (Madre Teresa de Calcutá)

Aos meus amados avós, *Maria da Conceição* e *Paulo Afonso*, exemplos constantes em minha vida de amor, sabedoria e fé, e que mesmo sem a possibilidade de estudar, sabiam o momento certo de semear e de colher, criando seus nove filhos através do árduo trabalho no campo.

OFEREÇO

Aos meus pais *Adir* e *Célia*, por todo esforço que dedicaram a minha formação, pelo amor incondicional e por sempre acreditarem que eu poderia chegar até aqui.

Ao *Lucas*, pelo apoio, por sua compreensão, companheirismo e, acima de tudo, por seu amor.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar ao meu lado em todos os momentos, me guiando e iluminando com sua presença divina, pelo seu amor incondicional, pelas bênçãos e oportunidades concedidas. Obrigada Senhor meu Deus, por cuidar dos meus pais e da minha família, quando não pude estar presente e por nunca desistir de mim.

À Nossa Senhora Aparecida, por ter atendido aos pedidos de minha mãe, para que estivesse sempre ao meu lado.

Aos meus pais Célia O. Matoso e Adir R. Matoso, pelo imenso amor, dedicação, orações e confiança. Por todo esforço, renúncia e empenho, que dedicaram a minha formação.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Rogério Peres Soratto, pela oportunidade, pela brilhante orientação, por toda paciência, por acreditar em mim, me mostrando o caminho da ciência. Agradeço pela amizade, me encorajando nos momentos difíceis, seja da vida profissional ou pessoal. Será sempre um exemplo de pessoa e profissional. A ele serei eternamente grata.

À toda minha família (avós, (tios(as) e primos(as)), pelo , incentivo, amor, orações e por compreenderem minha ausência nestes últimos anos.

A todos meus professores da Escola Estadual “José dos Santos”, de Aspásia-SP, da Escola Técnica Estadual Agrícola “Dr. José Luiz Viana Coutinho” (Centro Paula Souza), de Jales-SP, da Universidade Federal da Grande Dourados, de Dourados-MS, da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados-MS e do Curso de Pós-Graduação em Agronomia (Agricultura), da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, campus de Botucatu, pelos ensinamentos, incentivo e dedicação, meu enorme agradecimento a todos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio financeiro, concedido por meio de bolsa de estudo (proc. 2011/02613-4) e subvenção do trabalho de pesquisa (proc. 2011/14873-0).

À Universidade Estadual Paulista, por proporcionar a execução desse treinamento e a todos os funcionários, pelo auxílio direto e indireto, e, em especial, aos “meninos do campo” Celio, Fio, Cido, Mateus, Camargo e Casemiro, por toda ajuda, pela amizade que construímos, por me alegrarem nos momentos de cansaço e por terem se tornado parte da minha família, meninos, á vocês meus eternos agradecimentos.

Ao Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal (Agricultura), em especial ao Cirinho, Valéria, Lana, Vera e Dorival, pela amizade e ajuda constante.

Aos funcionários da biblioteca e da pós-graduação, pela ajuda e suporte.

À Embrapa Meio Norte, pelo fornecimento das sementes, em especial ao pesquisador Dr. Maurisrael Rocha, pela atenção e disponibilidade.

À Texas A&M University, pela oportunidade de estágio, em especial ao professor B.B. Singh, por ter me recebido, por toda atenção e pelos valiosos ensinamentos. Foi uma honra poder aprender com um dos maiores pesquisadores da cultura do feijão-caupi.

Meu agradecimento pela ajuda na condução dos experimentos aos amigos Genivaldo Souza-Schlick e Adalton Fernandes. Aos alunos e bolsistas de iniciação científica, Rafael Abrahão, Franciele Guarnieri, Mayara de Souza e Luís Henrique Tirabassi.

Aos meus amigos de Botucatu pelo incentivo e amizade, Suelen, Adalton, Selma, Moniki, Priscila, Camila, Jayme, Mauricio, Silvia, João Paulo, Tailene, Laerte, Laércio, Samuel, Gustavo, Mariângela, Genivaldo, Eunice, Mel, Angélica e Denise.

Aos meus amigos, que mesmo distante se mantiveram presente em mais esta etapa, meus sinceros agradecimentos para Adriana, Rogério, Renan, Débora, Caroline, Carla e Antônio Neto.

Aos membros da banca examinadora, Prof. Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol, Prof. Dr. Gessi Ceccon, Prof. Dr. Antônio Aécio Carvalho Bezerra e Prof. Dr. Marcelo de Almeida Silva pela disponibilidade e atenção.

A todos os colegas e professores do Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal.

A todos aqueles que colaboraram direta ou indiretamente na realização deste trabalho meus sinceros agradecimentos.

BIOGRAFIA

ALINE DE OLIVEIRA MATOSO, filha de Adir Ramos Matoso e Celia de Oliveira Matoso, nasceu em São Paulo-SP, em 11 de Novembro de 1985, concluiu o ensino fundamental em Aspásia-SP. No ano de 2001 iniciou o curso de Técnico em Agricultura pela Escola Técnica Estadual (CEETEPS), em Jales-SP, concluindo em dezembro de 2003 e obtendo o título de Técnico em Agricultura. Em junho de 2003 iniciou o curso de especialização em Gestão da Agricultura Familiar pelo Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza (CEETEPS), concluindo em dezembro de 2003. Em março de 2004 ingressou no curso superior em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), em Dourados-MS. Durante a graduação, foi bolsista por dois anos do CNPq/PIBIC pela UFGD e por mais dois anos pela Embrapa Agropecuária Oeste. Obteve o título de Engenheira Agrônoma em fevereiro de 2009. Em março de 2009, ingressou no mestrado em Agronomia - Agricultura pela Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP, em Botucatu-SP. Foi bolsista durante o mestrado da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). Em março de 2011 iniciou o curso de doutorado em Agronomia – Agricultura, também pela Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP. Durante o doutorado foi bolsista por três anos da FAPESP. Atualmente é Professora da Universidade Camilo Castelo Branco (UNICASTELO) e do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza (CEETEPS).

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	X
LISTA DE FIGURAS	XIII
1 RESUMO	01
2 SUMMARY	03
3 INTRODUÇÃO.....	05
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	08
4.1 Feijão-caupi: aspetos socioeconômicos	08
4.2 Feijão-caupi: origem e aspectos botânicos.....	12
4.3 Aspectos ecofisiológicos do feijão-caupi.....	15
4.4 Cultivo do feijão-caupi na segunda safra (safrinha)	19
4.5 População de planta e épocas de semeadura na cultura do feijão-caupi	21
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
5.1 Localização e caracterização edafoclimática das áreas experimentais	27
5.2 Caracterização das cultivares utilizadas.....	29
5.2.1 BRS Guariba.....	29
5.2.2 BRS Novaera	29
5.2.3 BRS Tumucumaque.....	30
5.2.4 BRS Cauamé.....	30
5.2.5 BRS Itaim	30
5.2.6 BRS Xiquexique	31
5.2.7 BRS Potengi	31
5.3 Experimento I – Épocas de semeadura para cultivares de feijão-caupi	31
5.3.1 Delineamento experimental.....	31
5.3.2 Instalação e condução do experimento	32
5.3.3 Avaliações.....	35
5.4 Experimento II – População de plantas para cultivares de feijão-caupi	38
5.4.1 Delineamento experimental.....	38
5.4.2 Instalação e condução do experimento em campo	38
5.4.3 Avaliações.....	40
5.5 Análise estatística.....	43
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	44

6.1 Experimento I – Épocas de semeadura para cultivares de feijão-caupi	44
6.2 Experimento II – População de plantas para cultivares de feijão-caupi	71
7 CONCLUSÕES	103
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105
9 ANEXOS	129

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1 Características químicas do solo, na camada de 0-20 cm, antes da instalação dos experimentos.	29
2 Número médio de dias da sementeira até a emergência, da emergência até o florescimento e da emergência até a maturação de cultivares de feijão-caupi em função de épocas de sementeira, no ano de 2011. Botucatu-SP	45
3 Número médio de dias da sementeira até a emergência, da emergência até o florescimento e da emergência até a maturação de cultivares de feijão-caupi em função de épocas de sementeira, no ano de 2012. Botucatu-SP.	46
4 Número médio de dias da sementeira até a emergência, da emergência até o florescimento e da emergência até a maturação de cultivares de feijão-caupi em função de épocas de sementeira, no ano de 2013. Botucatu-SP	47
5 Probabilidade de F e coeficiente de variação para os resultados de população final de plantas de cultivares de feijão-caupi em função de épocas de sementeira, nos anos de 2011, 2012 e 2013. Botucatu, SP	50
6 População final de plantas (plantas ha ⁻¹) de cultivares de feijão-caupi em função de épocas de sementeira, nos anos de 2011, 2012 e 2013. Botucatu-SP	51
7 Probabilidade de F e coeficiente de variação para os resultados de massa de matéria seca da parte aérea e comprimento do ramo principal de cultivares de feijão-caupi em função de épocas de sementeira, nos anos de 2011, 2012 e 2013. Botucatu, SP	52
8 Massa de matéria seca da parte aérea (g planta ⁻¹) de cultivares de feijão-caupi em função de épocas de sementeira, nos anos de 2011, 2012 e 2013. Botucatu-SP	52
9 Comprimento do ramo principal (cm) das plantas de cultivares de feijão-caupi em função de épocas de sementeira, nos anos de 2011, 2012 e 2013. Botucatu-SP	54
10 Probabilidade de F e coeficiente de variação para os resultados de altura de inserção da primeira vagem e número de nós no ramo principal de cultivares de feijão-caupi em função de épocas de sementeira, nos anos de 2011, 2012 e 2013. Botucatu, SP	55
11 Altura de inserção da primeira vagem (cm) nas plantas de cultivares de feijão-caupi em função de épocas de sementeira, nos anos de 2011, 2012 e 2013. Botucatu, SP	56

Tabela	Página
12 Número de nós no ramo principal das plantas de cultivares de feijão-caupi em função de épocas de semeadura, nos anos de 2011, 2012 e 2013. Botucatu, SP.....	57
13 Probabilidade de F e coeficiente de variação para os resultados do número de ramos laterais e número de vagens por planta de cultivares de feijão-caupi em função de épocas de semeadura, nos anos de 2011, 2012 e 2013. Botucatu, SP.....	58
14 Número de ramos laterais de cultivares de feijão-caupi em função de épocas de semeadura, nos anos de 2011, 2012 e 2013. Botucatu-SP.....	59
15 Número de vagens por planta de cultivares de feijão-caupi em função de épocas de semeadura, nos anos de 2011, 2012 e 2013. Botucatu-SP.....	60
16 Probabilidade de F e coeficiente de variação para os resultados de comprimento médio de vagens e número de grãos por vagem de cultivares de feijão-caupi em função de épocas de semeadura, nos anos de 2011, 2012 e 2013. Botucatu, SP.....	61
17 Comprimento médio de vagens (cm) de cultivares de feijão-caupi em função de épocas de semeadura, nos anos de 2011, 2012 e 2013. Botucatu-SP.....	62
18 Número de grãos por vagem de cultivares feijão-caupi em função de épocas de semeadura, nos anos de 2011, 2012 e 2013. Botucatu, SP.....	63
19 Probabilidade de F e coeficiente de variação para os resultados de massa de grãos por vagem e massa de 100 grãos de cultivares de feijão-caupi em função de épocas de semeadura, nos anos de 2011, 2012 e 2013. Botucatu, SP.....	64
20 Massa de grãos por vagem (g vagem^{-1}) de cultivares de feijão-caupi em função de épocas de semeadura, nos anos de 2011, 2012 e 2013. Botucatu-SP.....	65
21 Massa de 100 grãos por vagem (g) de cultivares de feijão-caupi em função de épocas de semeadura, nos anos de 2011, 2012 e 2013. Botucatu-SP.....	66
22 Probabilidade de F e coeficiente de variação para os resultados de produtividade de grãos e teor de proteína bruta no grão de cultivares de feijão-caupi em função de épocas de semeadura, nos anos de 2011, 2012 e 2013. Botucatu, SP.....	67
23 Produtividade de grãos (kg ha^{-1}) de cultivares de feijão-caupi em função de épocas de semeadura, nos anos de 2011, 2012 e 2013. Botucatu-SP.....	68
24 Teores de proteína bruta (%) em grãos de cultivares de feijão-caupi em função de épocas de semeadura, nos anos de 2011, 2012 e 2013. Botucatu-SP.....	70

Tabela	Página
25 Número médio de dias até a emergência, da emergência ao florescimento e da emergência a maturação em cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas em 2011, 2012 e 2013. Botucatu-SP.....	71
26 Número médio de folhas por planta e área foliar em cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011, 2012 e 2013. Botucatu-SP.....	72
27 Massa de matéria seca da parte aérea de plantas e razão de área foliar em cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011, 2012 e 2013. Botucatu-SP.....	76
28 Índice de área foliar e população final de plantas em cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011, 2012 e 2013. Botucatu-SP.....	79
29 Comprimento e número de nós no ramo principal em cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011, 2012 e 2013. Botucatu-SP.....	84
30 Número de ramos laterais e altura de inserção da primeira vagem em cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011, 2012 e 2013. Botucatu-SP	87
31 Número de vagens por planta e comprimento médio de vagem em cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011, 2012 e 2013. Botucatu-SP	91
32 Número de grãos por vagem e massa de grãos por vagem em cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011, 2012 e 2013. Botucatu-SP... ..	95
33 Massa de 100 grãos e produtividade de grãos em cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011, 2012 e 2013. Botucatu-SP.	98
34 Teores de proteína bruta no grão de cultivares de feijão-caupi em função da população de plantas, em 2011, 2012 e 2013. Botucatu-SP... ..	102

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1 Precipitação pluvial (☼), temperatura máxima (—) e temperatura mínima (—) registradas na área experimental, durante o período de janeiro a outubro dos anos de 2011 (A), 2012 (B) e 2013 (C), em Botucatu-SP	28
2 Número de folhas por planta de cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011 (A), 2012 (B) e 2013 (C). Média das cultivares (○); BRS Guariba (◆); BRS Novaera (□). Barra vertical é indicativo do valor de DMS pelo teste t a 5% de probabilidade para cultivar dentro de cada população de plantas	73
3 Área foliar por planta de cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011 (A), 2012 (B) e 2013 (C). Média das cultivares (○); BRS Guariba (◆); BRS Novaera (□). Barra vertical é indicativo do valor de DMS pelo teste t a 5% de probabilidade para cultivar dentro de cada população de plantas	74
4 Massa de matéria seca de plantas de cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011 (A), 2012 (B) e 2013 (C). Média das cultivares (○); BRS Guariba (◆); BRS Novaera (□). Barra vertical é indicativo do valor de DMS pelo teste t a 5% de probabilidade para cultivar dentro de cada população de plantas	77
5 Razão de área foliar em plantas de cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2012. BRS Guariba (◆); BRS Novaera (□). Barra vertical é indicativo do valor de DMS pelo teste t a 5% de probabilidade para cultivar dentro de cada população de plantas	78
6 Índice de área foliar de cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011 (A), 2012 (B) e 2013 (C). Média das cultivares (○); BRS Guariba (◆); BRS Novaera (□). Barra vertical é indicativo do valor de DMS pelo teste t a 5% de probabilidade para cultivar dentro de cada população de plantas	81
7 População final de plantas de cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011 (A), 2012 (B) e 2013 (C). Média das cultivares (○); BRS Guariba (◆); BRS Novaera (□). Barra vertical é indicativo do valor de DMS pelo teste t a 5% de probabilidade para cultivar dentro de cada população de plantas	83
8 Comprimento do ramo principal das plantas de cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011 (A), 2012 (B) e 2013 (C). Média das cultivares (○); BRS Guariba (◆); BRS Novaera (□). Barra vertical é indicativo do valor de DMS pelo teste t a 5% de probabilidade para cultivar dentro de cada população de plantas	85

Figura	Página
9 Número de nós no ramo principal das plantas de cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011 (A), 2012 (B) e 2013 (C). Média das cultivares (○); BRS Guariba (◆); BRS Novaera (□). Barra vertical é indicativo do valor de DMS pelo teste t a 5% de probabilidade para cultivar dentro de cada população de plantas	86
10 Número de ramos laterais nas plantas de cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011 (A), 2012 (B) e 2013 (C). Médias de duas cultivares. Barra vertical é indicativo do valor de DMS pelo teste t a 5% de probabilidade para cultivar dentro de cada população de plantas	89
11 Altura de inserção da primeira vagem em plantas de cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011 (A), 2012 (B) e 2013 (C). Média das cultivares (○); BRS Guariba (◆); BRS Novaera (□). Barra vertical é indicativo do valor de DMS pelo teste t a 5% de probabilidade para cultivar dentro de cada população de plantas	90
12 Número de vagens por planta de cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011 (A), 2012 (B) e 2013 (C). Média das cultivares (○); BRS Guariba (◆); BRS Novaera (□). Barra vertical é indicativo do valor de DMS pelo teste t a 5% de probabilidade para cultivar dentro de cada população de plantas	92
13 Comprimento médio de vagem das plantas de cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011 (A), 2012 (B) e 2013 (C). Média das cultivares (○); BRS Guariba (◆)	94
14 Número de grãos por vagem em plantas de cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011 (A), 2012 (B) e 2013 (C). Média das cultivares (○); BRS Guariba (◆); BRS Novaera (□). Barra vertical é indicativo do valor de DMS pelo teste t a 5% de probabilidade para cultivar dentro de cada população de plantas	96
15 Massa de grãos por vagem em plantas de cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011 (A), 2012 (B) e 2013 (C). Média das cultivares (○); BRS Guariba (◆).....	97
16 Massa de 100 grãos de cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011 (A), 2012 (B) e 2013 (C). Média das cultivares (○); BRS Guariba (◆); BRS Novaera (□). Barra vertical é indicativo do valor de DMS pelo teste t a 5% de probabilidade para cultivar dentro de cada população de plantas	99

Figura	Página
17 Produtividade de grãos de cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011 (A), 2012 (B) e 2013 (C). Média das cultivares (○); BRS Guariba (◆); BRS Novaera (□). Barra vertical é indicativo do valor de DMS pelo teste t a 5% de probabilidade para cultivar dentro de cada população de plantas	100
18 Teores de proteína bruta no grão de cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, no ano de 2013. Média de duas cultivares	102

1 RESUMO

O feijão-caupi [*Vigna unguiculata* L. Walp.] está se tornando uma opção para os produtores de diferentes regiões do Brasil, pela maior tolerância ao estresse hídrico, ciclo rápido, adaptação a solos de menor fertilidade e menor custo de produção. A cultura apresenta crescente expansão, em especial para o cultivo na segunda safra (safrinha), nas regiões Centro-Oeste e Sudeste do país, e aumento da demanda pelos mercados interno e externo. Porém, são praticamente inexistentes informações sobre esta cultura no estado de São Paulo. Objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho produtivo de cultivares de feijão-caupi, de porte semiereto e semiprostrado, em diferentes épocas de semeadura e populações de plantas, no período de outono-inverno, na região central do estado de São Paulo. Foram conduzidos dois experimentos, durante os anos de 2011, 2012 e 2013, em um Latossolo Vermelho distroférico, em Botucatu-SP. No Experimento I, o delineamento foi o de blocos casualizados, em esquema de parcela subdivididas e quatro repetições. Em 2011, as parcelas foram compostas por quatro épocas de semeadura: 1^a quinzena de março; 2^a quinzena de março; 1^a quinzena de abril e 2^a quinzena de abril. Em 2012, por seis épocas: 1^a quinzena de fevereiro; 2^a quinzena de fevereiro; 1^a quinzena de março; 2^a quinzena de março; 1^a quinzena de abril e 2^a quinzena de abril. E no ano de 2013, por cinco épocas: 1^a quinzena de fevereiro; 2^a quinzena de fevereiro; 1^a quinzena de março; 2^a quinzena de março e 1^a quinzena de abril. Em 2011, as subparcelas foram compostas pelas cultivares: BRS Cauamé, BRS Guariba, BRS Itaim, BRS Novaera e BRS Tumucumaque. Em 2012, por BRS Cauamé, BRS Guariba, BRS Novaera, BRS Potengi e BRS Xiquexique. Em 2013, utilizou-se a BRS Cauamé, BRS Guariba, BRS Novaera, BRS Potengi e BRS Tumucumaque. Foi utilizada a população

inicial de 200 mil plantas ha^{-1} . No Experimento II, o delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 5, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de duas cultivares (BRS Novaera e BRS Guariba) e cinco populações de plantas (100, 200, 300, 400 e 500 mil plantas ha^{-1}). A semeadura foi realizada na 1^a quinzena de março. Houve atraso no florescimento e, especialmente, prolongamento do ciclo de todas as cultivares de feijão-caupi estudadas quando a semeadura foi realizada a partir da 2^a quinzena de março. A semeadura em fevereiro, especialmente na 1^a quinzena, proporcionou maiores produtividade de grãos; contudo, foi possível obter produtividades acima da média nacional com semeaduras até a 1^a quinzena de março. Nas semeaduras da 1^a quinzena de fevereiro a 1^a quinzena de março, as cultivares mais produtivas foram a BRS Cauamé, a BRS Novaera e a BRS Potengi. Independentemente da cultivar, o crescimento vegetativo, o número de vagens por planta, o comprimento das vagens, massa de grãos por vagens e o teor de proteínas nos grãos diminuíram com o aumento da população de plantas. A máxima produtividade de grãos foi obtida com a população inicial entre 172.333 e 306.333 plantas ha^{-1} .

SOWING TIMES AND PLANT POPULATION TO COWPEA CULTIVARS GROWN IN FALL-WINTER IN BOTUCATU-SP. Botucatu, 2014. 134p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: ALINE DE OLIVEIRA MATOSO

Adviser: ROGÉRIO PERES SORATTO

2 SUMMARY

The cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] is becoming an option for farmers in different regions of the Brazil, for greater tolerance to water stress, short cycle, adaptation to soils with lower fertility and lower production cost. The cowpea crop has increased expansion, especially for growth the in second cropping season (out-of-season) in the Midwest and Southeast regions of the country, and demand increase for domestic and foreign markets. However, there are not information and research on cowpea crop for the São Paulo state. The objective of this study was to evaluate the agronomic performance of semi-erect and semi-prostrate cowpea cultivars, at different sowing dates and plant populations, during the fall-winter, in the central region of the São Paulo state, Brazil. Two experiments were carried during the years 2011, 2012, and 2013, grown in a Typic Haplorthox (dystroferric Red Latosol) in Botucatu, São Paulo state. In the Experiment I, the randomized complete block design was used, in a split-plot arrangement, with four replications. In 2011, the plots consisted of four sowing dates: first half of and second half of March, and April. In 2012, of six sowing dates: first half of and second half of February, March, and April. And in 2013, of five sowing dates: first half of and second half of February, March, and first half of April. In the 2011, the subplots were composed by cowpea cultivars: BRS Cauamé, BRS Guariba, BRS Itaim, BRS Novaera, and BRS Tumucumaque. In 2012, by BRS Cauamé, BRS Guariba, BRS Novaera, BRS Potengi, and BRS Xiquexique. In 2013, has used the BRS Cauamé, BRS Guariba, BRS Novaera, BRS Potengi, and BRS Tumucumaque. The initial plant densities were 200.000 plants ha⁻¹. In the Experiment II, the experimental design was a randomized complete blocks in a 2 x 5 factorial scheme, with four replications. The treatments of the factorial consisted of the

combination of two cowpea cultivars (BRS Novaera and BRS Guariba) and five plant populations (100, 200, 300, 400, and 500 thousand plants ha⁻¹). There was a delay in flowering and, especially, the extension of cycle, of all the cowpea cultivars studied, where the sowing was carried at a later time (from the second half of March). Sowing in February, especially in first half, provided highest grain yield; however, it was possible to achieve yield grain above the national average grain yield with sowing until the first half of March. In the from first half of February to first half of March, the most productive cultivars were BRS Cauamé, a BRS Novaera e a BRS Potengi. Independently of the cultivar the vegetative growth, number of pods per plant, pod length, grain mass per pods, and protein content in grain decreased with increasing plant population. The highest grain yield was obtained with the initial population between 172.333 and 306.333 plants ha⁻¹.

Keywords: *Vigna unguiculata*, sowing date, spatial plant distribution, climatic factors, yield components, grain yield.

3 INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira vem passando por grandes mudanças tecnológicas nas últimas décadas, grande parte destas mudanças se deve a globalização do agronegócio, que tem provocado reflexos na cadeia produtiva de diversas culturas, especialmente daquelas que dependem do uso de grandes volumes de defensivos e fertilizantes agrícolas. Desta forma, estas culturas vêm apresentando um custo de produção mais elevado a cada ano, e em consequência disso, os produtores têm buscado novas opções para seus arranjos produtivos (FREIRE FILHO et al., 2011).

O feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] é tradicionalmente cultivado nas regiões Norte e Nordeste do Brasil (FREIRE FILHO et al., 2009a), e seu cultivo do feijão-caupi, nestas regiões é feito por empresários e agricultores familiares (FREIRE FILHO et al., 2011). Apesar da maior parte da produção ainda ser oriunda da agricultura familiar, percebe-se certo interesse dos grandes produtores, que detêm maior poder aquisitivo e acesso a modernas tecnologias, o que tem contribuído para a expansão da cultura nas regiões Norte e Nordeste, suas principais produtoras, bem como, para a região Centro-Oeste e Sudeste, especialmente, para o cultivo no outono inverno (CASTELLETTI; COSTA, 2013; MATOSO et al., 2013).

A segunda safra, também chamada de “safrinha”, é caracterizada pela semeadura entre os meses de janeiro, fevereiro, março e mais adiante em sistemas irrigados, com predomínio na região Centro-Oeste e nos estados do Paraná e São Paulo (ESTEVEZ et al., 1994). O cultivo do milho (*Zea mays* L.), no período da segunda safra ganhou grande importância, em consequência das poucas alternativas econômicas viáveis para a safra de outono/inverno (SHIOGA et al., 2004). Porém, essa modalidade de cultivo

tem apresentado, risco de perda de produtividade. O principal fator de risco de perda para o milho safrinha são os veranicos prolongados, que podem ocorrer durante todo o ciclo da cultura, podendo causar prejuízos que podem chegar de 80% a 100% em alguns anos (CLEMENTE FILHO; LEÃO, 2008). Na busca por, uma cultura mais resistente às intempéries climáticas e com maior precocidade, o feijão-caupi vem se tornando nos últimos anos uma nova opção de cultivo, na segunda safra, visto que é relativamente mais tolerante à seca, devido principalmente ao ciclo mais rápido.

Mesmo com algumas características favoráveis que a cultura apresenta para a semeadura na segunda safra, a expansão do feijão-caupi em grandes áreas só foi possível após o lançamento da primeira cultivar de porte semiereto em 2004, a BRS Guariba, que tem proporcionado o cultivo totalmente mecanizado, em extensas áreas, especialmente na região Centro-Oeste. Além dessa região, existem alguns cultivos em menor escala nas regiões Sul e Sudeste, onde o feijão-caupi, muitas vezes foi tratado como “planta daninha”, principalmente quando aparecia em áreas de soja (DAMASCENO-SILVA, 2008).

As pesquisas têm contribuído para o aumento da produtividade e rentabilidade da cultura através do melhoramento genético de diferentes genótipos, com o objetivo de torná-los mais produtivos, com arquitetura moderna que facilite a colheita mecanizada, e estimule assim, a iniciativa empresarial na produção de feijão-caupi em larga escala (FREIRE FILHO et al., 2005).

O cultivo do feijão-caupi em grandes áreas têm gerado uma demanda por cultivares com características que atendam às necessidades dos sistemas de produção tecnificados, dentre elas, além do alto potencial produtivo, resistência à pragas, doenças e com melhor qualidade de grãos, são necessárias características de porte e arquitetura adequados ao maior adensamento, e à mecanização da cultura, inclusive da colheita (BEZERRA et al., 2008).

A expressão do potencial de produtividade de grãos depende de fatores genéticos e ambientais, bem como da interação entre ambos, o que resulta em expressivas diferenças no desempenho das cultivares, quando cultivadas em diferentes condições ambientais (YAN; HOLLAND, 2010). Algumas cultivares são consideradas com ampla adaptação climática, porém quando cultivadas em regiões distintas, ainda mostram uma série de variabilidades, principalmente em se tratando de produtividade de grãos (KRUPA E SILVA, 2014).

Entre os vários fatores que influenciam a produtividade de uma cultura, o número de plantas por unidade de área e a época de semeadura podem ser considerados os mais importantes, pois tanto o arranjo de plantas, quanto a época de semeadura podem tornar limitantes à fotossíntese e, conseqüentemente, a produtividade da cultura (TRIPATHI; SINGH, 1986; EMBRAPA, 2002).

O manejo adequado da cultura é essencial no estabelecimento do equilíbrio entre os fatores de produção, tais como cultivares, densidade de plantas e épocas de semeadura, possibilitando a obtenção de altas produtividades e maior qualidade de grãos. Assim, a avaliação do comportamento agrônômico de cultivares de feijão-caupi em diferentes épocas de semeadura e populações de plantas, torna-se de suma importância, tendo como objetivo o aumento da eficiência da produção agrícola desta cultura, sendo fundamental na indicação das cultivares mais adaptadas.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho produtivo de cultivares de feijão-caupi, de porte semiereto e semiprostrado, em diferentes épocas de semeadura e populações de plantas, no outono inverno, na região centro-sul do estado de São Paulo.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Feijão-caupi: aspetos socioeconômicos

O feijão-caupi, é uma leguminosa de grão tropical, que desempenha um papel nutricional importante em países em desenvolvimento, das regiões tropicais e subtropicais, especialmente na África subsaariana, Ásia, América Central e América do Sul, destacando-se como uma das mais importantes fontes de proteínas para milhões de pessoas (SINGH et al., 1997; MORTIMORE et al., 1997). De acordo com Singh (2006), a produção de feijão-caupi é socioeconomicamente importante em mais de 65 países.

Todas as partes da planta de feijão-caupi podem ser utilizadas como o alimento, sendo altamente nutritiva, fornecendo proteínas e vitaminas (ISLAM et al., 2006). Pode ser consumido na forma de vagem verde, grão verde e seco, além de outras formas de preparo, como farinha para o acarajé, biscoitos e pães. Suas folhas e ramos podem ser utilizados como complemento na alimentação animal e sua massa verde pode ser incorporada aos solos, sendo utilizada como fonte de matéria orgânica (SILVA; OLIVEIRA, 1993; OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2000; VIEIRA et al., 2000).

De acordo com Freire Filho et al. (2005), o feijão-caupi contém os dez aminoácidos essenciais ao ser humano e tem excelente valor calórico. Suas propriedades nutricionais são superiores às do feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.), e o baixo custo de produção, fazem com que esta cultura seja considerada extremamente importante em termos sociais e econômicos (ARAÚJO; WATT, 1988). Os grãos de feijão-caupi contém, em média, 23-25% de proteínas e 50-67% de amidos (QUIN, 1997).

O feijão-caupi possui baixas quantidades de gorduras e altos níveis de fibras, e seu consumo pode ajudar na prevenção de doenças cardíacas. Além disso, aumento do consumo feijão-caupi proporciona a liberação mais lenta de glicose no sangue, em decorrência da lenta digestibilidade do amido, podendo, desta forma, ser consumido por pessoas diabéticas (PHILLIPS et al., 2003).

O feijão-caupi pode ser considerado como o ponto de apoio da agricultura sustentável, em terras semiáridas. O crescimento denso de cultivares de porte prostrado ou semiprostrado de feijão-caupi fornece boa cobertura ao solo, suprimindo o crescimento de plantas invasoras, além de fornecer proteção ao solo, auxiliando no controle de temperatura e erosão. Alguns genótipos de feijão-caupi apresentam efeitos alelopáticos, inibindo a germinação das sementes de *Striga hermonthica*, uma planta parasita que pode infestar as lavouras de cereais (QUIN, 1997).

A produção mundial das diferentes espécies de *Vigna*, provavelmente, alcance mais que 20 milhões de hectares e a maioria desta superfície cultivada estejam em países em desenvolvimento (FERY, 2002). De acordo com o autor, as espécies de *Vigna* apresentam diversas características que possibilitam seu cultivo em diferentes sistemas de produção, podendo ser cultivadas em ambientes extremos (altas temperaturas, baixa precipitação e solos com baixa fertilidade) e com o uso de poucos insumos agrícolas.

Em 2012, a produção mundial de feijão-caupi foi de 5,7 milhões de toneladas, semeadas em 11.294.193 hectares (FAO, 2013). No entanto, de acordo com Wander (2012), os dados apresentados pela FAO podem estar subestimados, considerando que vários países como Índia, Myanmar e Brasil não fornecem dados estatísticos que separem feijão-caupi e feijão-comum, apesar destes países produzirem um volume expressivo do produto. De um total de 239 países constantes na base FAOSTAT, apenas 33 apresentaram estatísticas quanto à produção de feijão-caupi.

No Brasil, o feijão-caupi tem destaque nas regiões Norte e Nordeste, sendo a principal cultura da agricultura familiar no sertão semi-árido, por causa de sua rusticidade e resistência à seca (SILVA, 2005; FREIRE FILHO et al., 2005). Em função do baixo custo de produção, além das razões nutricionais, o feijão-caupi é apontado pela FAO como uma das melhores alternativas para o aumento da oferta de proteínas (SIMON, 2002).

Nos últimos anos, o feijão-caupi vem adquirindo maior expressão econômica, se expandindo para a região central do Brasil, em grandes áreas de cultivo inteiramente mecanizado (FREIRE FILHO et al., 2009b). Vale mencionar, que algumas classes de grãos já são comercializadas em bolsas de mercadorias da região Sudeste, como é o caso do feijão-fradinho (FREIRE FILHO et al., 2005).

O feijão-caupi produzido no Brasil é comercializado como grãos secos para os mercados interno e externo, sementes, vagens e grãos verdes (frescos ou hidratados) para o mercado interno. Há mercado potencial para produção de farinha, grãos para enlatamento e congelamento, e vagens para salada. A comercialização de grãos secos para o consumo interno é o que predomina no Brasil, no entanto, as exportações têm aumentado nos últimos três anos, com a ampliação da área de cultivo e a crescente adoção da cultura pelo agricultor empresarial, notadamente nos cerrados do Meio-Norte e Centro-Oeste do Brasil (ROCHA, 2014).

Alguns esforços, realizados principalmente pela Embrapa, têm permitido que se obtenham algumas estimativas anuais sobre a produção de feijão-caupi, nos vários estados produtores. A produção nacional oscilava entre 400 e 600 mil toneladas, entre 2002 a 2010 (EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 2012). Em 2011, no entanto, houve um aumento considerável da produção, alcançando mais de 800 mil toneladas. Segundo os dados disponibilizados pelo CONAC (2012), em 2011 foram colhidos no Brasil aproximadamente 1,6 milhão de hectares de feijão-caupi, com uma produção de 822 mil toneladas, o que gerou nos últimos cinco anos, 1,2 milhões de empregos diretos.

Segundo Freire Filho et al. (2011), no período de 2005 a 2009, a área cultivada com feijão-caupi correspondeu a 33,08%, da área total de feijão (feijão-comum + feijão-caupi). No período mencionado, o feijão-caupi contribuiu com 37,53% da área colhida, 15,48% da produção, e teve uma produtividade que correspondeu a 42,20% da média nacional. De acordo com os autores, a cultura do feijão-caupi gerou, em média, 1.113.109 empregos por ano, produziu suprimento alimentar para 28.205.327 pessoas, e gerou recurso anual de R\$ 684.825.333,00.

A ausência de separação nas estatísticas da produção do feijão-caupi e feijão-comum, ainda é um empecilho às exportações brasileiras de feijão-caupi, pois o mundo desconhece que o Brasil produz esta cultura, já que os órgãos oficiais não expõem os dados. No entanto, com os esforços de produtores e de algumas empresas, o

feijão-caupi produzido no Brasil tem sido exportado nos últimos anos, abrindo mais uma alternativa de comercialização para o produtor rural (DAMASCENO-SILVA, 2009).

O Brasil começou a exportar feijão-caupi em 2007, inicialmente para o Canadá, Portugal, Israel, Egito, Turquia e Índia, e foi constatada que há um mercado muito maior para a cultura (FREIRE FILHO et al., 2011). Atualmente, a Índia é o principal importador do feijão-caupi brasileiro, e consome 100.000 toneladas por ano, sendo 20% de origem brasileira. A constante redução da área cultivada com feijão-caupi, nos países asiáticos, que estão substituindo o cultivo de feijão-caupi pelo milho, aliado os graves problemas climáticos, como o excesso de chuvas durante a safra, que a própria Índia e outros países asiáticos produtores de feijão-caupi vêm enfrentando nos últimos anos, estão contribuindo para o aumento das exportações brasileiras (SEMENTES TOMAZETTI, 2012).

Os países árabes estão aumentando significativamente as suas importações de feijão-caupi, produzido no Brasil. Em 2013, o Brasil arrecadou US\$ 5,52 milhões com exportação de feijão-caupi para a região, somente entre os meses de janeiro e julho houve um crescimento de 276% sobre o mesmo período em 2012, quando o ganho com essas vendas estava em US\$ 1,47 milhões. O país árabe que mais comprou feijão-caupi do Brasil em 2013 foi o Egito, com US\$ 4,5 milhões. Em 2012, os egípcios foram responsáveis pela totalidade das compras do produto brasileiro, entre os países árabes. No entanto, em 2013, a Argélia comprou US\$ 930 mil em feijão-caupi, os Emirados adquiriram US\$ 80 mil e o Líbano US\$ 10 mil (DANIEL, 2013).

A produtividade média do feijão-caupi no Brasil, entre os anos de 2005 a 2009, foi de 369 kg ha⁻¹ (FREIRE FILHO et al., 2011), e em 2011, foi de 525 kg ha⁻¹ (CONAC, 2012). Vale ressaltar, que estados como Goiás, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso apresentam produtividades superiores a 1.000 kg ha⁻¹. O avanço do feijão-caupi para a região central do Brasil, esta proporcionando um incremento na produtividade média nacional, em função, principalmente, do uso de tecnologias que possibilitam que a cultura expresse todo o seu potencial produtivo (DAMASCENO-SILVA, 2009).

4.2 Feijão-caupi: origem e aspectos botânicos

O feijão-caupi possui diversos nomes populares de acordo com o país em que é cultivado, como por exemplo: Estados Unidos da América: cowpea, blackeye pea, blackeye bean, marble pea; França: niébé; Espanha: chicharo de vaca; Nigéria: akidiani agwa; Índia: barbata, charla, paythenkai, thattapayru (Tamil) e, África do Sul: dinawa (NRC, 2006).

Assim como nos países citados, no Brasil o feijão-caupi é conhecido por vários nomes populares de acordo com a região do país. Na região Nordeste é conhecido: como feijão-de-praia, feijão-de-estrada e feijão-da-colônia; na região Norte: feijão-miúdo e manteiguinha (FREIRE FILHO et al. 1983; 2005). Em algumas regiões do estado da Bahia e Minas Gerais é conhecido como, feijão-gurutuba e feijão-catador. Além desses nomes, há um tipo de grão que tem o tegumento branco com um grande halo preto, que é chamado de feijão-fradinho nos estados de Sergipe, Bahia e Rio de Janeiro. O feijão-fradinho é o preferido para o preparo do acarajé, comida típica da Bahia e conhecida em todo Brasil (FREIRE FILHO et al., 2011).

Quanto à classificação botânica, o feijão-caupi é uma planta *Dicotyledonea*, que pertence à ordem *Fabales*, família *Fabaceae*, subfamília *Faboideae*, tribo *Phaseoleae*, subtribo *Phaseolinae*, gênero *Vigna*, espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp. e subespécie *unguiculata* (VERDCOURT, 1970; MARÉCHAL et al., 1978; SMARTT, 1990; PADULOSI; NG, 1997). O gênero *Vigna*, possui diversas espécies, cujo número exato varia de acordo com os autores, de 184 (PHILLIPS, 1951), 170 (FARIS, 1965), entre 170 e 150 (SUMMERFIELD; ROBERTS 1985), 150 (VERDCOURT, 1970), 154 (STEELE, 1976), e cerca de 80 (dos quais cerca de 50 espécies são nativa da África) (MARÉCHAL et al., 1978). A subespécie *unguiculata* é dividida em quatro cultigrupos: *Unguiculata*, *Sesquipedalis*, *Biflora* e *Textilis* (WESTPHAL 1974; MARÉCHAL et al. 1978; NG; MARECHAL, 1985). No Brasil são cultivados os cultigrupos *Unguiculata*, para produção de grão seco e feijão-verde, e *Sesquipedalis*, comumente chamado de feijão-de-metro, para produção de vagem (FREIRE FILHO, 2011).

O feijão-caupi é uma das mais antigas fontes de alimento humano e provavelmente foi cultivada desde o Neolítico (SUMMERFIELD et al., 1974). A origem precisa do feijão-caupi cultivado não é conhecida (SARIAH, 2010). No entanto, a Ásia, Índia, Etiópia, Noroeste da Índia, Paquistão, Irã, Etiópia, Oeste e Centro da África, Centro

Sul da África e, inclusive a América do Sul foram apontadas como locais de domesticação da cultura. (STEELE; MEHRA, 1980). Porém, em decorrência da maior diversidade genética da cultura e da presença das formas selvagens desta espécie, que são encontradas somente na África do Sul, este é o centro mais provável de domesticação (FARIS, 1965; PADULOSI 1987; 1993; FREIRE FILHO, 1988).

A partir do Nordeste da África, o feijão-caupi foi introduzido no subcontinente indiano aproximadamente 2000-3500 a.C., ao mesmo tempo que a introdução de sorgo e milho. Antes de 300 a.C., o feijão-caupi chegou à Europa e, possivelmente, ao norte da Ásia. No século XVII d.C., os espanhóis levaram a cultura para as Índias Ocidentais (ALLEN, 1983).

A introdução do feijão-caupi no continente americano foi a partir da Europa e do oeste da África, sendo geralmente relacionada a colonizadores espanhóis e ao tráfico de escravos no século XVII (STEELE, 1976). De acordo com Fery (1981), o feijão-caupi foi introduzido no EUA no século XVII. O cultivo do feijão-caupi foi relatado em 1714 na Carolina do Norte e em 1775 no estado de Virginia, a cultura foi amplamente difundida pelo país no século XIX (MORSE, 1920).

A introdução no Brasil provavelmente ocorreu no século XVI (WATT, 1978; FREIRE FILHO et al., 1981), sendo introduzido no Brasil pelos primeiros colonizadores portugueses e espanhóis (CORRÊA, 1952; NG; MARÉCHAL, 1985; FREIRE FILHO, 1988;). A primeira região onde foi introduzido no país foi no Nordeste, mais precisamente no estado da Bahia (ARAÚJO; WATT, 1988). A partir da Bahia o feijão-caupi foi levado pelos colonizadores para outras áreas desta região e para as outras regiões do país (FREIRE FILHO et al., 2011).

O feijão-caupi é hoje uma das mais importantes leguminosas, sendo cultivada nos trópicos e subtropicais (OYEWALE; BAMAIY, 2013). É uma planta herbácea, autógama, anual e uma das mais adaptadas, versáteis e nutritivas, sendo um importante alimento e componente essencial dos sistemas de produção nas regiões secas dos trópicos, cobrindo parte da Ásia, Estados Unidos, Oriente Médio e Américas Central e do Sul (SINGH et al., 2002).

O feijão-caupi possui uma grande variabilidade genética que o torna versátil, sendo usado para várias finalidades e em diversos sistemas de produção (ANDRADE et al., 2010). Devido à sua grande diversidade genética, o feijão-caupi é capaz de se adaptar a diferentes ambientes agrícolas, e tem grande capacidade de fixar

nitrogênio atmosférico, por meio da simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* (FREIRE FILHO et al., 2003).

A planta de feijão-caupi apresenta uma raiz principal pivotante profunda e com muitas raízes laterais próximas à superfície do solo, a profundidade da raiz pode alcançar 2,3 m em 8 semanas após a semeadura (DAVIS et al., 1991). De acordo com McLeod (1982), o sistema radicular apresenta nodulação e suas raízes são mais extensas e profundas do que as da soja (*Glycine max* (L.) Merr.).

Os frutos são legumes cilíndricos, retos ou curvados, deixando visível a posição interna das sementes. O comprimento depende da cultivar, sendo geralmente de 18-30 cm, mas em certas cultivares pode ser de até 50cm (BEVILAQUA et al., 2007). O comprimento para os padrões comerciais de vagens verdes, de acordo com o estabelecido por Pereira et al. (1992), Silva e Oliveira (1993) e Miranda et al. (1996), é acima de 20 cm. Santos et al. (2009) e Lima (1996) afirmaram que o maior número de vagens por planta pode influenciar de forma significativa sobre o aumento da produtividade. Em geral, o feijão-caupi apresenta de 6 a 17 grãos por vagens (ANDRADE JUNIOR et al., 2002; SOBRAL et al., 2007; TEIXEIRA et al., 2007).

A semente de feijão-caupi é altamente nutritiva de 20% a 30% de proteínas, são ricas em lisina e outros aminoácidos essenciais, porém, pobre nos aminoácidos sulfurados, metionina e cisteína. Constitui-se, ainda, numa excelente fonte de tiamina e niacina e, também, contém razoáveis quantidades de outras vitaminas hidrossolúveis, como riboflavina, piridoxina e folacina, e minerais, como ferro, zinco e fósforo (SILVA et al., 2002).

A arquitetura da planta é o conjunto de características que delineiam a forma, o tamanho, a geometria e a estrutura externa da planta. A arquitetura da planta de feijão-caupi é o resultado da interação de seguintes caracteres: hábito de crescimento; comprimentos do hipocótilo, epicótilo, entrenós, ramos principal e secundários e pedúnculo; disposição dos ramos laterais em relação ao ramo principal; disposição dos pedúnculos em relação à copa da planta; e consistência dos ramos (FREIRE FILHO et al., 2005). Os caracteres que formam a arquitetura da planta em feijão-caupi podem resultar em maior ou menor acamamento das plantas, bem como permitir a colheita mecânica ou facilitar a colheita manual (ROCHA et al., 2009).

Freire Filho et al. (2005) ressaltam que as cultivares comerciais de feijão-caupi vêm passando por um processo de mudança na sua arquitetura, em decorrência

ao melhoramento que se adiantou às demandas dos produtores por plantas com arquitetura moderna, ou seja, mais eretas, de porte compacto, com ramos mais curtos e resistentes ao acamamento (BEZERRA, 1997; LOPES et al., 2001), esta tendência também vem sendo observada em outros países.

4.3 Aspectos ecofisiológicos do feijão-caupi

O cultivo do feijão-caupi se estende em uma ampla faixa ambiental desde latitude 40° N até 30° S, tanto em terras altas como baixas, tais como: Oeste da África, Ásia, América Latina e América do Norte (RACHIE, 1985). Os genótipos de feijão-caupi, conseguem se aclimatar aos diferentes ambientes, através da grande plasticidade que possuem em sua fenologia e morfologia (SUMMERFIELD et al. 1974; WIEN; SUMMERFIELD 1984a).

Segundo Ehlers e Hall (1997), o feijão-caupi, ao contrário de outras leguminosas, como por exemplo, o feijão-comum, aclimata-se relativamente bem a uma ampla faixa de clima e de solo (desde as areias quartzosas aos solos muito argilosos). Por apresentar elevada capacidade de fixação biológica do nitrogênio atmosférico, o feijão-caupi adapta-se bem a solos de baixa fertilidade.

O bom desenvolvimento da cultura ocorre na faixa de temperatura de 18 a 34 °C. A temperatura base, abaixo da qual cessa o crescimento das plantas, depende do estágio fenológico em que se encontram, na germinação a temperatura base é de 8 a 11 °C (CRAUFURD et al., 1996a), enquanto para o estágio de floração inicial, de 8 a 10 °C (CRAUFURD et al., 1996b).

Altas temperaturas prejudicam a floração. Já baixas temperaturas aumentam o ciclo da planta, pelo prolongamento de todas as fases do desenvolvimento; temperaturas abaixo de 20 °C paralisam o desenvolvimento das plantas e, se o período de frio é longo, ocorre produção demasiada de ramos, com conseqüente redução da produtividade (ARAÚJO; WATT, 1988).

Temperaturas noturnas altas induzem a macho-esterilidade no feijão-caupi, reduzindo, a sua capacidade de produção (AHMED et al., 1992). Esses autores verificaram, que as plantas submetidas à temperaturas noturnas de 30 °C, apresentavam baixa viabilidade dos grãos de pólen. O período mais sensível da planta a temperaturas noturnas elevadas dá-se entre os 9 e 7 dias que antecedem a antese.

Estudos realizados no Vale San Joaquin, na Califórnia, com plantas de feijão-caupi submetidas a altas temperaturas noturnas durante a floração, demonstraram que ocorreu redução de 4 a 14% na frutificação e produção de grãos (NIELSEN; HALL, 1985). O principal mecanismo para estes efeitos em feijão-caupi é que as altas temperaturas que ocorrem no fim da noite durante a floração podem causar esterilidade do pólen e anteras indeiscentes (HALL, 1992; 1993).

O fotoperíodo tem pouco ou nenhum efeito direto sobre aparecimento e crescimento das folhas (WIENK 1963; CRAUFURD et al., 1997), e seus efeitos sobre outros aspectos de crescimento vegetativo (por exemplo, ramificação e alongamento de entrenós), não foram relatados. Em contraste, o fotoperíodo pode ter grandes efeitos sobre o desenvolvimento reprodutivo, embora alguns genótipos sejam insensíveis (ELLIS et al., 1994). O comprimento do dia que determina a indução ao florescimento no feijão-caupi encontra-se entre 8 e 14 horas. A resposta ao fotoperiodismo está bastante relacionada com a temperatura, isto é, quando a temperatura está acima de um valor mínimo noturno a resposta da planta ao comprimento do dia é dominante, e quando está abaixo à resposta da planta a temperatura é dominante (LUSH; EVANS, 1980; WATT et al., 1988).

Temperaturas elevadas durante o dia e temperatura mínima noturna superior a 20 °C comprometem o processo reprodutivo do feijão-caupi através do abortamento de flores, o vingamento e a retenção final de vagens, afetando também o número de sementes por vagem (ELLIS et al., 1994; CRAUFURD et al., 1996b). Além disso, podem contribuir para a ocorrência de várias fito-enfermidades, principalmente aquelas associadas às altas umidades relativas do ar, condições estas que frequentemente ocorrem quando o cultivo é feito em condições de sequeiro (CARDOSO et al., 1997b). Caso a semeadura do feijão-caupi coincida com épocas frias e a temperatura do solo esteja abaixo de 19 °C, podem ocorrer danos a semente, a emergência é lenta e incompleta (ISMAIL et al., 1997).

As regiões com chuvas entre 250 e 500 mm anuais são consideradas aptas para a implantação da cultura, visto que o feijão-caupi exige um mínimo de 300 mm de precipitação para que produza a contento, sem a necessidade de irrigação. A limitação em termos hídricos encontra-se mais diretamente condicionada à distribuição do que à quantidade total de chuvas ocorridas no período (EMBRAPA, 2003).

Segundo Summerfield et al. (1985), o feijão-caupi é conhecido como uma planta relativamente adaptada à seca. Trata-se de uma espécie que responde a diferentes níveis de estresse, ao longo dos diversos estádios de seu desenvolvimento. A adaptação do feijão-caupi à seca se dá com a planta evitando ou tolerando a desidratação de seus tecidos. O decréscimo na condutância estomática é uma das formas do feijão-caupi evitar a seca, além da redução da área foliar e mudança na orientação dos folíolos (SUMMERFIELD et al., 1985). Carvalho et al. (2000a) afirmam que esta adaptação à seca está relacionada com a redução da perda de água pelo controle da abertura dos estômatos, entretanto enquanto vários estudos têm mostrado que o feijão-caupi pode manter o potencial de água na folha em valores relativamente altos durante estresse hídrico, devido ao fechamento estomático, é válido ressaltar que essa estratégia pode acarretar redução na assimilação de CO₂ e, conseqüentemente, redução no seu crescimento e produtividade (CHAVES, 1991).

O feijão-caupi possui estômatos mais efetivos e sensíveis que o feijão-comum, pois apresenta valores mais altos de resistência foliar difusa, de teor relativo de umidade e potencial hídrico foliar crítico (GUIMARÃES, 1988). A elevada sensibilidade e a efetividade dos estômatos do feijão-caupi, independente da cultivar, podem contribuir para a manutenção da taxa fotossintética líquida em nível baixo, porém por um tempo relativamente longo, em comparação ao feijão-comum.

Turk et al. (1980) avaliaram a resistência a seca do feijão-caupi, na Califórnia. Em um tratamento, as sementes foram semeadas em solo seco, com água suficiente apenas para permitir a germinação e emergência. As plantas sobreviveram por 43 dias, em condições de verão seco, com altas temperaturas e sem chuvas, porém as plantas apresentaram crescimento atrofiado. A maioria das outras espécies anuais cultivadas teriam morrido se submetidas ao mesmo tratamento. Após os 43 dias, as plantas foram irrigadas, e se recuperaram rapidamente, obtendo altas produtividades, 4.000 kg ha⁻¹ aos 107 dias após a semeadura. O tratamento controle, que recebeu ótimas irrigações a cada semana, obteve produtividade semelhante, durante o mesmo período.

A sobrevivência do feijão-caupi à seca, no estágio inicial de crescimento, foi associado com a manutenção dos níveis de água na folha (PETRIE; HALL, 1992). O feijão-caupi possui estômatos que são muito sensíveis à secagem do solo, fechando parcialmente antes de quaisquer alterações no potencial de água na folha (BATES; HALL, 1981). Quando as plantas de feijão-caupi são submetidas à seca em

condições de campo, as folhas geralmente não murcham, mas tendem a orientar-se mais verticalmente, seguindo o sol, de uma forma que minimize a interceptação da radiação solar (SHACKEL; HALL, 1983). Estes mecanismos contribuem para a capacidade única que o feijão-caupi possui de sobreviver a extremas temperaturas e altos níveis de déficit hídrico, na fase inicial de crescimento.

Os estádios de florescimento e enchimento de grãos são os mais sensíveis ao déficit hídrico (FERREIRA et al., 1991; FERREIRA, 1992; BRITO, 1993; ANDRADE et al., 1999). O déficit hídrico quando aplicado na fase de enchimento de grãos do feijão-caupi além de reduzir a produtividade de grãos afeta também o número de vagem por planta e o número de grão por vagem; entretanto, o comprimento de vagem e a massa de 100 grãos não são afetados pelo déficit hídrico nesta fase (BEZERRA et al., 2003)

Em estudos realizados na África, descobriu-se que o atraso da senescência das folhas em feijão-caupi é um mecanismo que confere resistência à seca em cultivares de porte ereto, utilizados por camponeses, onde a colheita das plantas é feita de forma manual, estas plantas não são arrancadas possibilitando a obtenção de várias colheitas (HALL et al., 2003). Este mecanismo permite que a planta se recupere e possa produzir uma segunda emissão de vagens compensando a baixa produtividade da primeira emissão de vagens, quando esta for ocasionada por estresse hídrico (GWATHMEY; HALL, 1992).

Costa (1995) verificou que as plantas de feijão-caupi submetidas ao estresse hídrico apresentam maior desenvolvimento do sistema radicular, em relação às plantas sem estresse, constatando que o aprofundamento do sistema radicular em busca de água também é uma das maneiras de o feijão-caupi evitar a desidratação dos seus tecidos quando submetido à deficiência hídrica do solo. Em condições de estresse moderado, cultivares de ciclo rápido podem alcançar suas produtividades normais antes que o estresse se torne mais severo. Já cultivares de ciclo longo podem ter suas produtividades reduzidas (FREIRE FILHO et al., 2005).

A radiação solar pode ser considerada um fator de grande importância para o crescimento e desenvolvimento vegetal, pois influencia diretamente na fotossíntese das plantas (ANDRADE JUNIOR et al., 2002). A interceptação da energia luminosa no feijão-caupi geralmente é alta devido às folhas glabras e de coloração verde escura (PHOGAT et al., 1984). Os autores, avaliando a taxa de fotossíntese líquida e a

absorção da radiação fotossinteticamente ativa por esta cultura, observaram que apenas 4,3% da energia luminosa foi refletida pelas folhas de feijão-caupi, em condições ótimas de água no solo.

O feijão-caupi apresenta metabolismo fotossintético do tipo C_3 , saturando-se fotossinteticamente a intensidades de luz relativamente baixas (SANTOS, 2011). A capacidade fotossintética máxima da folha é alcançada a partir dos 20 dias da sua formação, quando ela atinge a sua expansão máxima. A velocidade de acumulação de matéria seca do feijão-caupi depende de seu índice de área foliar (IAF) e de sua capacidade de assimilação líquida (AL) (SUMMERFIELD et al., 1985). De acordo com os autores, as mudanças do IAF dependem do crescimento da área foliar e da senescência das folhas enquanto a AL reflete o balanço entre o ganho fotossintético do carbono e sua perda pela respiração.

O máximo da interceptação de luz nas condições tropicais é alcançado com um IAF de 3, em condições de campo e quando não existem fatores limitantes, com uma população de 7 a 16 plantas m^2 , o feijão-caupi atinge esse valor de IAF, entre 30 e 40 dias após sua germinação (WIEN, SUMMERFIELD, 1984b). O aumento da densidade de plantas promove o aumento do IAF, e reduz o número de dias necessários pra que a cultura alcance os valores máximos.

4.4 Cultivo do feijão-caupi na segunda safra (safrinha)

A semeadura de verão é realizada durante o período chuvoso, que varia entre fins de agosto na região Sul até os meses de outubro a novembro nas regiões Sudeste e Centro Oeste do País. A segunda safra, também chamada de “safrinha”, é caracterizada pela semeadura entre os meses de janeiro, fevereiro, março e mais adiante sob sistemas irrigados, sendo semeada após a primeira safra, visando o aproveitamento das chuvas remanescentes, antes do período da seca (ESTEVEES et al., 1994).

O Brasil é um dos poucos países, em que é possível realizar o cultivo de mais de uma cultura de grãos por ano na mesma área, como é o caso da sucessão soja-milho safrinha, cuja exploração está concentrada nos estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, São Paulo e Paraná (ADEGAS et al., 2011). De acordo com Godinho (2013), o principal fator que possibilitou o cultivo na segunda safra foi o sistema plantio direto, pois sem o revolvimento do solo o intervalo entre colheita da primeira safra e

semeio da segunda safra é menor, possibilitando o cultivo de duas culturas, em um mesmo ano agrícola.

Ao longo dos anos, em consequência das poucas alternativas econômicas viáveis que existiam para a safra de outono/inverno, o milho produzido na segunda safra tornou-se um instrumento fundamental para o complemento no abastecimento de grãos do país (SHIOGA et al., 2004). Apesar da importância econômica, que a cultura do milho representa, o seu cultivo na época da safrinha acarreta aumento dos riscos de perdas na produtividade. O principal fator de risco para o milho safrinha são os veranicos prolongados, que podem ocorrer durante todo o ciclo da cultura, podendo causar prejuízos que podem chegar de 80% a 100%, em alguns anos (CANTARELLA, 1999).

Cardoso et al. (2004), descreveram o milho safrinha, como uma modalidade distinta da safra normal, pois se desenvolve em condições ambientais subótimas, caracterizadas, principalmente, pela menor disponibilidade hídrica. Em virtude dos fatos mencionados, o milho safrinha é considerado uma cultura de risco, alternando anos de boa produção e outros de quebra, sendo incerto o nível de produtividade a ser obtido.

As culturas de soja e de milho ocupam grande extensão de áreas destinadas à produção de grãos, especialmente no Brasil Central, mas, na maioria das vezes, os sistemas produtivos constituem uma sequência simples em que a soja, semeada no verão, é seguida pelo milho safrinha, ano após ano, com predominância em áreas sob sistema plantio direto (SOUZA et al., 2014). O contínuo sistema de sucessão, como citado acima, tende a provocar a degradação física, química e biológica do solo e a queda da produtividade das culturas, além de proporcionar condições mais favoráveis para o desenvolvimento de doenças, pragas e plantas daninhas (EMBRAPA, 2006).

O cultivo de outras espécies seja em cultivo solteiro, ou em consórcio, tais como braquiária, milheto, sorgo, feijão-caupi, mucuna, cártamo, mamona e crambe, são formas de minimizar os riscos de perda no período da safrinha, além de melhorar o acúmulo matéria orgânica em áreas de plantio direto (predominante nas regiões em que se pratica o cultivo na segunda safra), promover o incremento e reciclagem de nutrientes.

O feijão-caupi, devido ao seu baixo custo de produção, rusticidade, adaptação em solos com baixa fertilidade e precocidade, tem-se tornado uma nova alternativa de cultivo para os produtores da região Central do Brasil, durante o período de

outono-inverno, tornando-se importante componente nos sistemas de rotação de culturas, para o sistema plantio direto e para o abastecimento do mercado interno e externo (NASCIMENTO, 2006; SANTOS; CORREIA, 2010; FREIRE FILHO et al., 2011; MATOSO et al., 2013).

Cultivares de feijão-caupi de ciclo precoce atingem a maturação entre 65 a 90 dias, esta característica se torna importante para o cultivo na segunda safra, visto que em caso de estresse moderado, cultivares de ciclo rápido podem alcançar produtividades normais antes que o estresse se torne mais severo (FREIRE FILHO et al., 2005). Outra característica importante da cultura é sua capacidade de estabelecer simbiose com bactérias do grupo rizóbio, que realizam a fixação biológica de nitrogênio (FBN), o que possibilita a obtenção de produtividades superiores a 2.000 kg ha⁻¹, sem a aplicação de fertilizantes nitrogenados, em diversas regiões do Brasil (SILVA NETO et al., 2013).

Mesmo com as características favoráveis que o feijão-caupi apresentava para o cultivo na segunda safra, alguns fatores como, a falta de uniformidade na maturação e a inexistência de cultivares com porte mais compacto, impediam a expansão da cultura para áreas mecanizadas. Porém, o lançamento da primeira cultivar de porte semiereto no Brasil, BRS Guariba, que permitiu o cultivo totalmente mecanizado e, conseqüentemente, vários produtores de soja perceberam que poderiam adaptar todo o maquinário para o feijão-caupi e passaram a cultivar esta cultura no período de safrinha, em função do ciclo rápido e do baixo custo de produção (DAMASCENO-SILVA, 2008; DAMASCENO-SILVA et al., 2013).

Os produtores da região central do Brasil, que têm optado pelo cultivo do feijão-caupi no período da safrinha, estão obtendo excelentes resultados, assim como revela os dados da CONAB (2013), a área semeada de feijão-caupi somente no estado de Mato Grosso em 2013, foi de 162,7 mil hectares, com produção de 217,5 mil toneladas, 31,8% superior à safra do ano anterior.

4.5 População de plantas e épocas de semeadura na cultura do feijão-caupi

Em decorrência da expansão da cultura do feijão-caupi para a região central do Brasil, em áreas totalmente mecanizada, é crescente a demanda por cultivares de porte ereto (ROCHA, et al., 2009). De acordo com Bezerra et al. (2008), é necessário que as cultivares de feijão-caupi atendam as necessidades dos sistemas de

produção tecnificados, dentre elas, alto potencial produtivo, resistência a pragas e doenças, qualidade de grãos, características de porte e arquitetura adequados ao maior adensamento.

O feijão-caupi apresenta dois tipos de hábitos de crescimento principais: o determinado e o indeterminado. No primeiro tipo, o caule produz um número limitado de nós e para de crescer quando emite uma inflorescência (ARAÚJO et al., 1981). Nas plantas de ramificação indeterminada, o caule continua crescendo e emitindo novos ramos secundários e gemas florais. Este tipo é o mais comumente cultivado no Brasil.

Ocorrem quatro tipos principais de porte da planta, sendo eles, ereto, semiereto, semiprostrado e prostrado (FREIRE FILHO et al., 2005). E de acordo com os mesmos autores, atualmente observa-se entre os produtores que têm lavoura manual ou parcialmente mecanizada à demanda por plantas que sejam fáceis de serem colhidas manualmente, e os com lavoura totalmente mecanizada, a demanda é por plantas que possibilitem a colheita totalmente mecanizada. Para Crothers e Westermann (1976), o emprego de tecnologia, a necessidade de maior flexibilidade nos métodos de colheita e o desenvolvimento de genótipos de porte semiereto e ereto, tem aumentado o interesse para a definição de níveis ótimos de plantas por unidade de área.

Um dos benéficos do aumento da densidade de plantas por metro é promover o deslocamento das vagens para os nós mais altos da planta, facilitando assim a colheita mecanizada e, conseqüentemente, evitando perdas no momento da colheita. De acordo com Aphalo et al. (1999), o adensamento de plantas, altera o padrão de distribuição das vagens, tornando-as mais concentradas na parte superior da planta, este comportamento é decorrente da maior competição por luz entre as plantas, nos cultivos adensados.

Segundo Tripathi e Singh (1986), entre os diversos fatores que influenciam na produtividade do feijão, o número de plantas por unidade de área é um dos mais importantes, e seus efeitos podem variar com o tipo da planta, especialmente quando são usadas plantas de porte ereto, semiereto e semiprostrado. No Brasil, o excesso ou escassez de plantas por área é atualmente, uma das principais causas da baixa produtividade do feijão-caupi (CARDOSO et al., 2005; BEZERRA et al., 2008).

Tanto nos sistemas tradicionais de cultivo, como nos tecnificados, é de extrema importância conhecer e compreender as alterações morfofisiológicas, as modificações nos componentes de produção e na produtividade de grãos das cultivares modernas de feijão-caupi, quando submetidas a diferentes densidades populacionais

(BEZERRA et al., 2009). Para qualquer cultura, o conhecimento da densidade ótima de plantas é essencial para a maximização econômica da produção (HENDERSON et al., 2000). Entretanto, o melhor arranjo de plantas depende das características inerentes da cultivar, como porte, hábito de crescimento e arquitetura, bem como, do sistema de manejo da cultura e da época de semeadura (NDIAGA, 2000).

Entre os fatores envolvidos na produtividade agrícola, a fotossíntese, sem dúvidas, é o mais importante. A elevação das taxas de fotossíntese depende do máximo aproveitamento da luz disponível, o qual pode ser obtido pela manipulação cultural. As formas de manipulação cultural compreendem uma população de plantas adequada, disposição das linhas de plantio na direção norte-sul e técnicas de modificação da arquitetura da planta (JACKSON, 1980; BERNARDES, 1987). Entretanto, vale ressaltar que, o aumento da população de plantas por área, inicialmente afeta o índice de área foliar e o número de folhas por planta, desta forma, interfere na interceptação de luz, afetando diretamente na taxa fotossintética. Além do que, o auto-sombreamento no dossel, pode ocasionar decréscimos na taxa fotossintética média, em função do aumento do IAF (LUCCHESI et al., 1987).

Apesar do aumento da população de plantas afetar a taxa fotossintética, nem sempre isto é indicativo de menores produtividades. De acordo com Shimada et al. (2000), aumentando-se a população, a produção por planta diminui, havendo; entretanto, um aumento na produção por área, sendo que a produção por unidade de área é máxima quando a população é ideal. Desta forma, mesmo com a menor produção por planta, a produtividade pode ser elevada em decorrência do maior número de plantas na área.

Altas densidades de plantas podem ocasionar uma significativa redução na produtividade do feijão-caupi (ERSKINE; KHAN, 1976; CARDOSO et al., 2005; MIRANDA NETO et al., 2013). Porém, a maioria dos trabalhos tem demonstrado aumento significativo na produtividade da cultura, em resposta ao incremento da densidade (REMISON, 1980; KAYODE; ODULAJA, 1985; OBISESAN, 1986; OLADIRAN, 1994; SANTOS; ARAUJO, 2000; BEZERRA et al., 2009; CECCON et al., 2013). As diferenças observadas decorrem tanto dos níveis populacionais estudados, como dos materiais testados. São comumente constatadas fortes interações entre genótipo e população de plantas (SOARES; GOMES, 1982; BARRETO; DUTRA, 1988).

Bezerra et al. (2009), avaliando os efeitos de diferentes densidades populacionais sobre as características morfológicas e de produtividade de grãos em feijão-caupi, observaram acréscimos de 16,7% na produtividade de grãos com o aumento da população de plantas de 100.000 para 500.000 plantas ha⁻¹, o que representa incremento de 243,8 kg ha⁻¹, sendo que a produtividade máxima foi obtida com a população de 490 mil plantas por hectare. Jallow e Ferguson (1985), estudando o comportamento de 18 genótipos de diferentes hábitos de crescimento, observaram que os melhores níveis populacionais oscilaram entre 40.000 e 250.000 plantas ha⁻¹. Em estudos conduzidos com feijão-caupi em Ibadan (Nigéria), Nangju et al. (1975) observaram que a densidade para a maior produtividade de grãos, para a cultivar Prima, de porte ereto, variou de 145.000 a 180.000 plantas ha⁻¹, enquanto para a cultivar Pale Green, de porte semiereto, ficou entre 70.000 e 105.000 plantas ha⁻¹. Entretanto, Cardoso et al. (1997a) observaram, em Teresina-PI, que o desempenho produtivo do feijão-caupi de diferentes hábitos de crescimento, em área irrigada, foi independente do número de plantas ha⁻¹. Remison (1980), Blade et al. (1997), Cardoso et al. (1997a), Cardoso et al. (1997b), Távora et al. (2000), Távora et al. (2001), Cardoso; Ribeiro (2002), Cardoso; Ribeiro (2006) e Olufajo; Singh (2002) também observaram que a produtividade e o desenvolvimento da cultura é influenciado pela população de plantas utilizada.

Para Jallow e Ferguson (1985), diferentes populações refletem a interação entre densidade populacional, cultivar e ambiente, destacando a necessidade da condução de experimentos localmente e em diferentes épocas. O conhecimento do ambiente de produção é de vital importância para a instalação e condução de uma cultura. Por outro lado, conhecer a resposta de cultivares a esses ambientes e as diferentes práticas de condução, permite definir com segurança quais as combinações que permitem obter as maiores produtividades. Deve-se também incrementar o contínuo melhoramento do ambiente por meio de práticas, tais como, rotação de culturas e sistema plantio direto (MONDINI et al., 2001).

Altas produtividades são obtidas quando as condições ambientais são favoráveis em todos os estádios de crescimento da cultura. Porém, para se obter altas produtividades é necessário conhecer práticas culturais compatíveis com produção econômica. As principais práticas de manejo que devem ser consideradas são: época de semeadura; escolha dos genótipos mais adaptados à determinada região; uso de espaçamentos e densidades adequados; monitoramento e controle das plantas daninhas,

pragas e doenças e redução ao mínimo das possíveis perdas de colheita (RITCHIE et al., 1994).

Ao optar por uma determinada época de semeadura, o produtor estará escolhendo certa combinação entre a fenologia da cultura e a distribuição dos elementos do clima da região de produção, que poderá resultar em elevada ou reduzida produtividade (PEIXOTO et al., 2000). Dessa forma, a época de semeadura é um fator determinante para o sucesso na busca de altas produtividades, alcançadas quando se conseguem justapor o desenvolvimento das fases fenológicas da cultura, com a presença de ambiente climático favorável à expressão da produtividade da cultivar em uso (OLIVEIRA, 2003).

A época de semeadura, além da produtividade, afeta a arquitetura e o desenvolvimento da planta. Semeaduras realizadas em épocas não adequadas podem ocasionar a redução drástica da produtividade, bem como, dificultar a colheita mecânica, de tal modo que as perdas na colheita podem chegar a níveis elevados. Isto, devido a alterações na altura das plantas, na altura de inserção das primeiras vagens, no número de ramificações, no diâmetro do caule e no acamamento. Estas características estão também relacionadas com a população e os cultivares, e dependem das condições bioclimáticas, principalmente fotoperíodo, temperatura e precipitação pluvial (ROCHA et al., 1984; NAKAGAWA et al., 1988; CÂMARA, 1991; GARCIA, 1992; PEIXOTO, 1999).

Segundo Barros et al. (2003), a época de semeadura é definida por um conjunto de fatores ambientais que reagem entre si e interagem com a planta, causando variação na produtividade e afetando outras características agrônômicas. Semeadas em diferentes épocas, as cultivares expressam suas potencialidades em relação às condições do ambiente, que mudam no espaço e no tempo. Como as cultivares podem responder de forma diferente ao ambiente, as indicações da melhor época para cada uma delas devem ser precedidas de experimentos regionalizados, conduzidos por mais de um ano (BHÉRING et al., 1991).

Épocas de semeadura e cultivares adaptadas às condições de estas, estão entre os principais fatores que proporcionam altas produtividades na cultura do feijão-caupi. A época de semeadura apropriada é geralmente identificada, como o tempo necessário para a produção máxima de brotos e folhas, que irão proporcionar o máximo rendimento econômico da cultura (NAHARDANI et al., 2013). De acordo com os autores,

a escolha da data de semeadura que proporcione a máxima produtividade deve ser feita com base em experimentos localizados.

Comparado a outras culturas, o feijão-caupi tem o seu potencial genético muito pouco explorado. Entretanto, já foram obtidas, em condições experimentais, produtividades de grãos secos acima de 3.000 kg ha⁻¹, sendo que seu potencial genético pode ultrapassar a 6.000 kg ha⁻¹ (BEZERRA, 1997; FREIRE FILHO et al., 1998). Há de se reconhecer, entretanto, que para se chegar a esse nível de produtividade é necessário que haja mais investimento em pesquisas na cultura não somente na área de melhoramento, mas também estudos relacionados com a fisiologia e ecofisiologia do feijão-caupi, a fim de, se verificar a resposta desta cultura aos fatores climáticos em diferentes regiões do país. De acordo com a Embrapa Meio Norte (2003), a maioria das informações existentes foi obtida por meio de trabalhos realizados em outros países, como Nigéria e Estados Unidos.

O manejo adequado da cultura é essencial no estabelecimento do equilíbrio entre os fatores de produção, tais como, cultivares, densidade de plantas e ambiente, possibilitando a obtenção de uma ótima produtividade de grãos. Assim são necessários mais estudos envolvendo estes fatores, principalmente nas regiões e épocas nas quais a cultura do feijão-caupi vem ganhando expressão.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Localização e caracterização edafoclimática das áreas experimentais

A pesquisa foi conduzida na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas - FCA, UNESP, Campus de Botucatu, localizada no município de Botucatu-SP (22°51' S; 48°26' W e altitude de 740 m). Segundo a classificação climática de Köeppen, o clima predominante na região de Botucatu é do tipo Cwa, caracterizado pelo clima tropical de altitude, com inverno seco e verão quente e chuvoso (LOMBARDI NETO; DRUGOWICH, 1994). As condições ambientais de distribuição de chuva (precipitação pluvial) e temperatura do ar (máximas, mínimas) em 2011, 2012 e 2013 foram registradas durante o período de execução do experimento (Figura 1).

O solo da área experimental é um Latossolo Vermelho distroférico (SANTOS et al., 2013). Antes da instalação dos experimentos, foram coletadas amostras de solo da área experimental e realizada as análises químicas, utilizando-se metodologia descrita por Raij et al. (2001). Os resultados estão apresentados na Tabela 1.

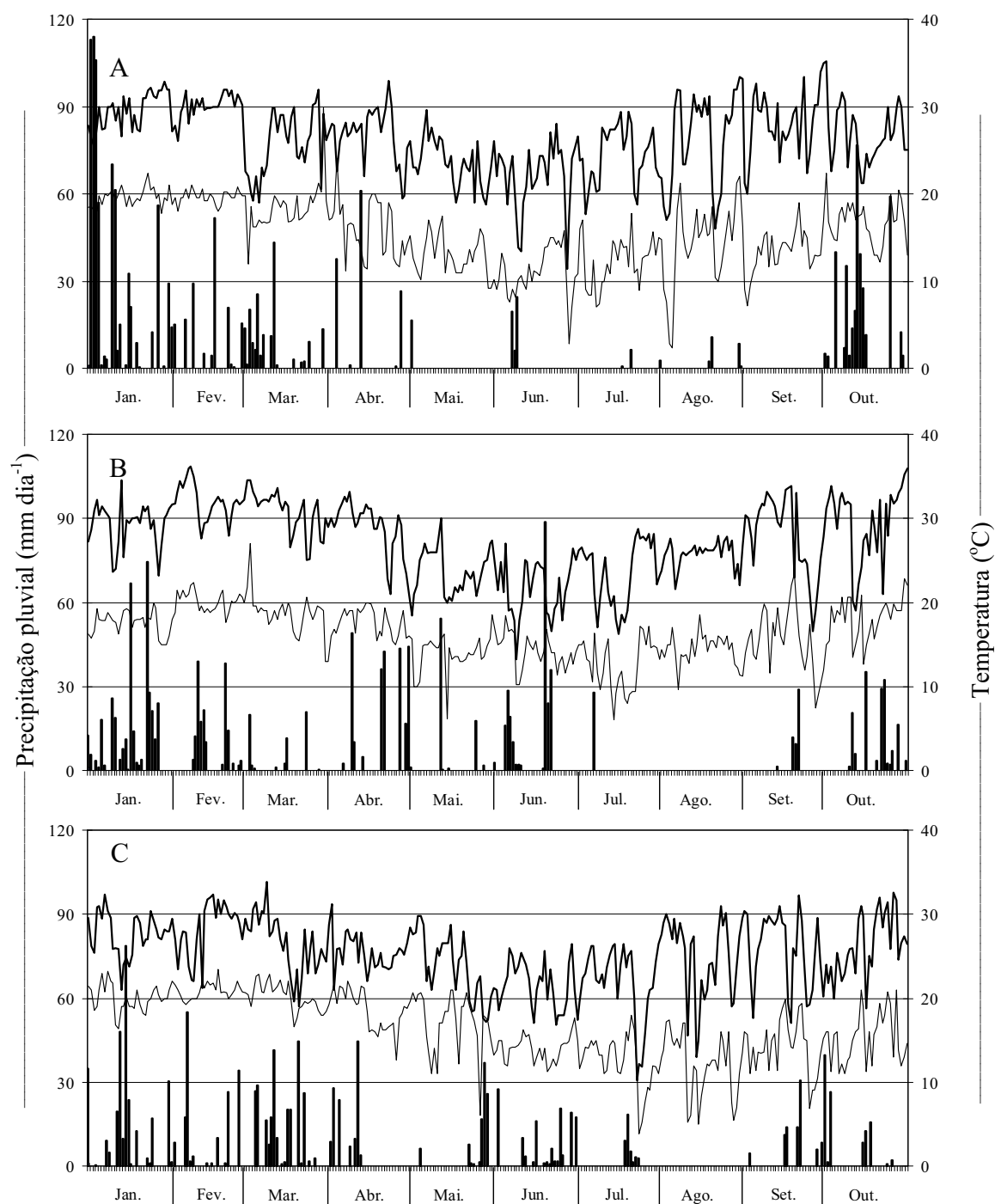


Figura 1. Precipitação pluvial (■), temperatura máxima (—) e temperatura mínima (—) registradas na área experimental, durante o período de janeiro a outubro dos anos de 2011 (A), 2012 (B) e 2013 (C), em Botucatu-SP.

Tabela 1. Características químicas do solo, na camada de 0-20 cm, antes da instalação dos experimentos.

Ano	pH(CaCl ₂)	M.O. (g dm ⁻³)	P _{resina} (mg dm ⁻³)	H+Al	K	Ca	Mg	CTC	V (%)
2011	5,2	32	15	46	5,1	60	20	131	65
2012	4,9	24	23	44	1,8	24	10	79	45
2013	4,7	27	26	54	6,9	36	19	115	53

5.2 Caracterização das cultivares utilizadas

5.2.1 BRS Guariba

A cv. BRS Guariba foi obtida do cruzamento da linhagem IT85F-2687, introduzida do International Institute of Tropical Agriculture (IITA), em Ibadan, Nigéria, com a linhagem TE87-98-8G, do Programa de Melhoramento da Embrapa Meio Norte, em Teresina-PI. É uma cultivar com ciclo em torno de 65-70 dias, com florescimento médio de 41 dias, planta de porte semiereto, grão de coloração branca, com teor de proteína na faixa de 22% e de tamanho médio (massa média de 100 grãos na faixa de 19,5 g). Além disso, a cv. BRS Guariba é resistente ao mosaico do feijão-caupi, transmitido por pulgão (*Cowpea aphid-borne mosaic virus* – CABMV), e ao mosaico dourado do feijão-caupi (*Cowpea golden mosaic virus* – CGMV), é moderadamente resistente ao oídio (*Erysiphe polygoni*), e a mancha-café (*Colletotrichum truncatum*) e é moderadamente tolerante à seca e a altas temperaturas (VILARINHO, 2007).

5.2.2 BRS Novaera

A cv. BRS Novaera foi obtida do cruzamento da linhagem TE97-404-1F com a linhagem TE97-404-3F, do Programa de Melhoramento da Embrapa Meio Norte. É uma cultivar com ciclo em torno de 65-70 dias, florescimento médio em torno de 45 dias, planta de porte semiereto, grãos de coloração branca, com massa média de 100 grãos em torno de 20 g. É moderadamente resistente ao vírus do mosaico dourado do feijão-caupi e altamente resistente à mancha-café, doença amplamente disseminada por

todas as regiões produtoras do Brasil. O porte semiereto da planta permite a colheita totalmente mecanizada dos grãos (FREIRE FILHO et al., 2008).

5.2.3 BRS Tumucumaque

A cultivar BRS Tumucumaque se originou da linhagem MNC99-537F-4, que foi resultado do cruzamento entre as linhagens TE96-282-22G e IT87D-611-3, realizado na Embrapa Meio Norte, em Teresina PI, no ano de 1999. Apresenta hábito de crescimento indeterminado, porte semiereto, com florescimento médio em torno de 39 a 42 dias e ciclo de 65 a 70 dias. Os grãos são de coloração branca e o tipo de tegumento é liso e a massa média de 100 grãos é de 20,1 g (VILARINHO et al., 2008a).

5.2.4 BRS Cauamé

A cultivar BRS Cauamé se originou da linhagem MNC99-541F-5, que foi obtida do cruzamento com código MNC99-541, no Ensaio Avançado de Porte Ereto e Semi- Ereto, que corresponde ao Ensaio de valor de cultivo e uso de portes ereto e semiereto - VCU - PE. As avaliações foram realizadas nas regiões Norte, Nordeste e Centro Oeste, no período de 2004 a 2006. Esta cultivar apresenta hábito de crescimento indeterminado, porte semiereto, com florescimento médio de 38 dias e ciclo de 65 a 70 dias. Os grãos são de coloração branca e o tipo de tegumento é liso e a massa média de 100 grãos é de 17,2 g (VILARINHO et al., 2008b).

5.2.5 BRS Itaim

A cultivar BRS Itaim corresponde a linhagem MNC04-786B-87-2, obtida do cruzamento MNC04-786, realizado na Embrapa Meio Norte em 2004. A cultivar BRS Itaim tem hábito de crescimento determinado, porte ereto e tem alta resistência ao acamamento, é recomendada principalmente para cultivo em regime de sequeiro. Esta cultivar apresenta florescimento médio de 35 dias e ciclo de 60 a 65 dias. Os grãos são de coloração branca e o tipo de tegumento é levemente rugoso e a massa média de 100 grãos é de 23 g (FREIRE FILHO et al., 2009d).

5.2.6 BRS Xiquexique

A cv. BRS Xiquexique, lançada em setembro de 2008, é um dos grandes avanços no setor de grãos dos últimos anos, desenvolvida pela Embrapa Meio Norte, é a primeira cultivar de feijão-caupi biofortificada, apresenta altos teores de Fe e Zn. É uma cultivar com ciclo em torno de 65-75 dias, florescimento médio em torno de 40-45 dias, porte de planta semiprostrado, grãos de coloração branca e com massa média de 100 grãos em torno de 16,5 gramas (DEUS, 2008).

5.2.7 BRS Potengi

A cv. BRS Potengi apresenta duas características importantes que são porte semiereto vigoroso e a qualidade do grão, principalmente o tamanho. Apresenta ciclo em torno de 70 a 75 dias, comprimento médio de vagens de 18 cm e 14 grãos por vagem. No Ensaio de Valor de Cultivo e Uso de Porte Semiprostrado, na região Norte, em 26 ensaios, teve uma média de produtividade de 1.005 kg ha⁻¹ (FREIRE FILHO et al., 2009c).

5.3 Experimento I – Épocas de semeadura para cultivares de feijão-caupi

5.3.1 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas e quatro repetições. Em 2011 as parcelas foram compostas por quatro épocas de semeadura: 1^a quinzena de março; 2^a quinzena de março; 1^a quinzena de abril e 2^a quinzena de abril. Em 2012 as parcelas foram compostas por seis épocas de semeadura: 1^a quinzena de fevereiro; 2^a quinzena de fevereiro; 1^a quinzena de março; 2^a quinzena de março; 1^a quinzena de abril e 2^a quinzena de abril. No ano de 2013, em decorrência dos dados obtidos nos dois anos anteriores, foram semeadas nas parcelas cinco épocas: 1^a quinzena de fevereiro; 2^a quinzena de fevereiro; 1^a quinzena de março; 2^a quinzena de março e 1^a quinzena de abril. As subparcelas em 2011 foram compostas por cinco cultivares de feijão-caupi: BRS Guariba; BRS Novaera; BRS Tumucumaque; BRS Cauamé e BRS Itaim. Em 2012 foram utilizadas

as mesmas cultivares do primeiro ano de estudo, com exceção das cultivares BRS Itaim e BRS Tumucumaque que, devido à dificuldade de aquisição de sementes, foram substituídas pelas cultivares BRS Xiquexique e BRS Potengi, que apresentam características semelhantes às cultivares utilizadas no primeiro ano de estudo. Em 2013, em virtude dos dados obtidos, optou-se por utilizar as cultivares: BRS Guariba; BRS Novaera; BRS Tumucumaque; BRS Cauamé e BRS Potengi. Para todas as cultivares e épocas de semeadura foi utilizada a população inicial de 200 mil plantas ha⁻¹.

Nos anos de 2011 e 2012, cada unidade experimental foi constituída por cinco fileiras de 5,0 m de comprimento e espaçadas de 0,45 m, sendo as extremidades consideradas como bordadura. Em 2013, cada unidade experimental foi constituída por quatro fileiras de 6 m de comprimento e espaçadas de 0,45 m, sendo que as extremidades foram consideradas como bordadura.

5.3.2 Instalação e condução do experimento

Nos três anos de estudo, o experimento foi instalado em sistema de plantio direto. As áreas onde os experimentos foram conduzidos tinham como cultura antecessora a soja, sendo que, após a colheita desta, os restos culturais foram manejados, com a utilização do herbicida glifosato (1.560 g i.a ha⁻¹) e triturador de restos culturais.

Para a adubação de base, no ano de 2011 foram aplicados 200 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado NPK 8-20-20, em 2012 foram utilizados 200 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado NPK 8-28-16 e em 2013 foram aplicados 230 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado NPK 8-28-16.

No primeiro ano de condução do estudo, as semeaduras foram realizadas manualmente em 04/03/2011 para a 1^a época, em 24/03/2011 para a 2^a época, em 07/04/2011 para a 3^a época e em 26/04/2011 para a 4^a época. As emergências ocorreram nos dias 11/03/2011, 01/04/2011, 15/04/2011 e 05/05/2011 e os desbastes foram realizados em 24/03/2011, 12/04/2011, 29/03/2011 e 20/04/2011, respectivamente, na 1^a, 2^a, 3^a e 4^a épocas.

Em 2012, as semeaduras foram realizadas manualmente em 08/02/2012 na 1^a época, em 23/02/2012 na 2^a época, em 08/03/2012 na 3^a época, em 28/03/2012 na 4^a época, em 11/04/2012 na 5^a época e em 24/04/2012 na 6^a época. As emergências ocorreram nos dias 14/02/2012, 02/03/2012, 15/03/2012, 04/04/2012,

19/04/2012 e 03/05/2012 e os desbastes foram realizados nos dias 24/02/2012, 12/03/2012, 24/03/2012, 13/04/2012, 27/04/2012 e 11/05/2012, respectivamente, na 1^a, 2^a, 3^a, 4^a, 5^a e 6^a épocas.

Em 2013, o experimento foi semeado mecanicamente, com semeadora de parcela Semeato, modelo SHP 249. As datas de semeadura foram: 05/02/2012 na 1^a época, 18/02/2013 na 2^a época, 07/03/2013 na 3^a época, em 25/03/2013 na 4^a época e em 08/04/2013 na 5^a época. As emergências ocorreram nos dias 11/02/2013, 24/02/2013, 13/03/2013, 01/04/2013 e 16/05/2013 e os desbastes foram realizados em 22/02/2013, 11/03/2013, 26/03/2013, 12/04/2013 e 27/04/2013, respectivamente, na 1^a, 2^a, 3^a, 4^a, 5^a e 6^a épocas.

Em 2011, para o controle de doenças foi realizada a aplicação do fungicida iprodione ($200 \text{ g ha}^{-1} \text{ i.a.}$) no dia 25/03/2011; em 12/04/2011 e 05/05/2011 aplicou-se o inseticida metamidofós ($0,5 \text{ L ha}^{-1} \text{ i.a.}$), no dia 05/05/2011 também foi realizada a aplicação de fungicida clorotalonil + tiofanato metílico ($750+300 \text{ g ha}^{-1} \text{ i.a.}$); em 15/06/2011 foi realizada a aplicação do fungicida metconazol + piraclostrobina ($0,5 \text{ L ha}^{-1} \text{ i.a.}$) e do inseticida acefato ($0,5 \text{ L ha}^{-1} \text{ i.a.}$).

No ano de 2012, foram realizadas as seguintes aplicações para controle de doenças e pragas: em 27/02/2012 aplicou-se o inseticida acefato ($0,5 \text{ L ha}^{-1} \text{ i.a.}$) e o fungicida azoxistrobina + ciproconazol ($0,28 \text{ L ha}^{-1} \text{ i.a.}$); em 17/03/2012 foi realizada a aplicação do inseticida acefato ($0,5 \text{ L ha}^{-1} \text{ i.a.}$) juntamente com o fungicida epoxiconazol + piraclostrobina ($100 \text{ g ha}^{-1} \text{ i.a.}$); em 02/04/2012 foi realizada a aplicação do inseticida deltametrina ($7,5 \text{ g ha}^{-1} \text{ i.a.}$) e do fungicida epoxiconazol + piraclostrobina ($100 \text{ g ha}^{-1} \text{ i.a.}$); em 11/04/2012 foi realizada a aplicação do inseticida deltametrina ($09 \text{ g ha}^{-1} \text{ i.a.}$) e do fungicida clorotalonil + tiofanato-metílico ($750+300 \text{ g ha}^{-1} \text{ i.a.}$); em 13/06/2012 foi realizada a aplicação do inseticida acefato ($0,5 \text{ L ha}^{-1} \text{ i.a.}$) e do fungicida epoxiconazol + piraclostrobina ($100 \text{ g ha}^{-1} \text{ i.a.}$); em 06/07/2012 foi realizada a aplicação do inseticida acefato ($0,5 \text{ L ha}^{-1} \text{ i.a.}$) e o fungicida clorotalonil + tiofanato-metílico ($750+300 \text{ g ha}^{-1} \text{ i.a.}$); em 14/08/2012 foi realizada a aplicação do inseticida deltametrina ($7,5 \text{ g ha}^{-1} \text{ i.a.}$) e no dia 04/09/2012 foi realizada a aplicação do inseticida acefato ($0,5 \text{ L ha}^{-1} \text{ i.a.}$).

Para o controle de pragas e doenças em 2013 foram realizadas as seguintes aplicações: em 20/02/2013 e 06/03/2013 foi realizada a aplicação do inseticida acefato ($0,5 \text{ L ha}^{-1} \text{ i.a.}$); em 27/03/2013 foi realizada a aplicação do inseticida abamectina ($13,5 \text{ g ha}^{-1} \text{ do i.a.}$) e do fungicida clorotalonil + tiofanato-metílico ($750+300 \text{ g ha}^{-1} \text{ i.a.}$);

em 09/04/2013 foi realizada a aplicação do fungicida epoxiconazol + piraclostrobina (100 g ha⁻¹ i.a.) e do inseticida lambda-cialotrina + tiametoxam (17,6+13,25 g ha⁻¹ i.a.); em 30/04/2013 foi realizada a aplicação do fungicida azoxistrobina + ciproconazol (0,28 L ha⁻¹ i.a.); em 16/05/2013 foi realizada a aplicação do inseticida deltametrina (09 g ha⁻¹ i.a.); em 03/06/2013; foi realizada a aplicação do fungicida clorotalonil + tiofanato-metílico (750+300 g ha⁻¹ i.a.) e do inseticida acefato (0,5 L ha⁻¹ i.a) e no dia 03/07/2013 foi realizada a aplicação do fungicida epoxiconazol + piraclostrobina (100 g ha⁻¹ i.a.) e do inseticida lambda-cialotrina + tiametoxam (17,6+13,25 g ha⁻¹ i.a).

No início do mês de junho de 2011, ocorreu um vendaval, que ocasionou o tombamento das plantas, e a temperatura chegou próximo de 0 °C (Figura 1A), o que pode ter prejudicado o desenvolvimento das plantas das últimas duas épocas. Em 2012 as chuvas ocorridas próximas às colheitas nas três primeiras épocas prejudicaram a maturação das vagens (Figura 1B), ocasionando decréscimos no peso de grãos. A cultivar BRS Novaera não produziu vagens nos experimentos da 4^a, 5^a e 6^a época, a cultivar apresentou três florescimentos, sendo que as flores eram abortadas em seguida. No ano de 2013, as baixas temperaturas (Figura 1C) a partir do mês de maio prejudicaram o desenvolvimento das plantas da 5^a época de semeadura, houve abortamento das flores e conseqüentemente as plantas não produziram grãos.

Durante a condução dos experimentos foram realizadas todas as práticas de manejo, visando o bom desenvolvimento e produtividade da cultura, ou seja, controle de plantas daninhas, pragas e doenças.

No primeiro ano, as colheitas na primeira época foram realizadas em 14/06/2011 para a BRS Novaera e em 27/06/2011 para as demais cultivares; na 2^a época as colheitas foram realizadas em 02/08/2011 para a BRS Novaera e em 10/08/2011 para as demais cultivares; na 3^a época as colheitas foram realizadas em 26/08/2011 para a BRS Novaera e em 02/09/2011 para as demais cultivares; a 4^a época em função das baixas temperaturas e da geada ocorrida próximo ao seu florescimento não foi colhida, pois não produziu grãos. Em 2012, as colheitas na primeira época foram realizadas em: 02/05/2012 para as cultivares BRS Guariba, BRS Novaera e BRS Cauamé e em 08/05/2012 para as demais cultivares; na 2^a época a colheita foi realizada em 11/06/2012 para todas as cultivares; na 3^a época em 28/06/2012 foi realizada a colheita da cultivar BRS Novaera, em 02/07 da cultivar BRS Cauamé e em 09/07/2012 para as demais cultivares; na 4^a época em 01/08/2012 foram colhidas as cultivares BRS Potengi e BRS Cauamé e em 08/08/2012 as

demais cultivares; na 5^a época todas as cultivares foram colhidas em 03/09/2012; na 6^a época todas as cultivares foram colhidas em 24/09/2012. Já no ano de 2013 as colheitas foram realizadas em: na primeira época em 08/05/2013 para a cultivar BRS Tumucumaque e em 14/05/2013 para as demais cultivares, na 2^a época a colheita foi realizada em 27/05/2013 para todas as cultivares, na 3^a época em 14/06/2013 foi colhida a cultivar BRS Novaera, em 18/06/2013 foram colhidas as cultivares BRS Cauamé, BRS Potengi e BRS Tumucumaque e em 24/06/2013 a cultivar BRS Guariba, na 4^a época em 15/07/2013 foi realizada a colheita da BRS Novaera e em 23/07/2013 das demais cultivares, a 5^a época não foi colhida, em decorrência das condições climáticas que afetaram seu desenvolvimento e formação das vagens.

5.3.3 Avaliações

a) Acompanhamento fenológico

Foi realizado o monitoramento fenológico das plantas de cada unidade experimental, dividindo-se o ciclo em estádios distintos de desenvolvimento e anotados os números de dias em cada fase, a saber: a) número de dias da semente à emergência das plântulas (NDAE); b) número de dias da emergência até a floração plena (NDAF); c) número de dias da emergência à maturação fisiológica (NDAM).

b) Matéria seca da parte aérea (MSPA)

No florescimento pleno, foram colhidas oito plantas de cada unidade experimental, as quais foram acondicionadas em sacos de papel e submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C por 72 horas. Após a secagem, foi determinada a massa de matéria seca total da parte aérea (MSPA), em balança analítica.

c) População final de plantas (PFP)

A determinação da população final de plantas foi realizada na véspera da colheita, contando-se as plantas presentes em duas fileiras centrais com comprimento de 3 m em cada unidade experimental. Os resultados foram convertidos em plantas ha⁻¹.

d) Comprimento do ramo principal (CRP)

Foi determinada com auxílio de uma trena, medindo-se a distância entre o colo da planta e o ponto mais alto do ramo principal. Os valores foram expressos em centímetros e corresponderam à média das oito plantas avaliadas por unidade experimental.

e) Número de nós no ramo principal (NNRP)

Foi determinado mediante a contagem do número total de nós no ramo principal de cada planta, avaliado em oito plantas coletadas dentro da área útil de cada unidade experimental.

f) Número de ramos laterais (NRL)

Foram determinados mediante a contagem do número total de ramos por planta, avaliado em oito plantas coletadas dentro da área útil de cada unidade experimental.

g) Comprimento médio de vagem (CMV)

Foi determinado em centímetros, pela média de todas as vagens contidas em dez plantas coletadas dentro da área útil de cada unidade experimental. No caso de vagens curvas, mediu-se a maior linha reta da base da vagem até a sua extremidade.

h) Altura de inserção da primeira vagem (AIPV)

A altura de inserção da primeira vagem foi determinada com auxílio de uma trena, medindo-se a distância entre o colo da planta e a inserção da primeira vagem no caule. Os valores foram expressos em centímetros e corresponderam à média das oito plantas avaliadas por unidade experimental.

i) Número de vagens por planta (NVP)

Foi determinado mediante a contagem do número total de vagens com pelo menos um grão por planta, avaliado em oito plantas coletadas dentro da área útil de cada unidade experimental.

j) Número de grãos por vagem (NGV)

Foi determinado mediante a relação entre número total de grãos e o número total de vagens, avaliados em oito plantas coletadas dentro da área útil de cada unidade experimental.

k) Massa de grãos por vagens (MGV)

Avaliada através da pesagem do número total de grãos de todas as vagens das oito plantas coletadas, sendo estas vagens as mesmas à que se refere o item i.

l) Massa de 100 grãos (M100G)

Foi avaliada pela pesagem de quatro amostras, de 100 grãos cada uma, em cada unidade experimental. Os dados obtidos foram corrigidos para 13% de umidade (base úmida).

m) Produtividade de grãos (PG)

A colheita do feijão-caupi foi realizada manualmente em duas fileiras de 3 m dentro da área útil de cada unidade experimental. Após a colheita foi realizada debulha manual dos grãos e posterior pesagem, transformando-se a massa de grãos para kg ha^{-1} a 13% de umidade (base úmida).

n) Teor de proteína bruta no grão (TPG)

Quatro amostras de grãos de cada unidade experimental foram secas em estufa, com circulação forçada de ar a 60 °C, por 24 horas. Em seguida, os grãos foram moídos e submetidos à análise para determinação do teor de nitrogênio, segundo Malavolta et al. (1997). O teor de proteína foi determinado mediante a multiplicação do teor de nitrogênio pelo índice 6,25 (AOAC, 1990).

5.4 Experimento II – População de plantas para cultivares de feijão-caupi

5.4.1 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 5, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de duas cultivares (BRS Novaera e BRS Guariba) e cinco populações de plantas (100.000, 200.000, 300.000, 400.000 e 500.000 plantas ha⁻¹).

Nos anos de 2011 e 2012, cada unidade experimental foi constituída por cinco fileiras de 5,0 m de comprimento e espaçadas de 0,45 m, sendo as duas fileiras externas consideradas como bordadura. No ano de 2013, cada unidade experimental foi constituída por quatro fileiras de 6 m de comprimento e espaçadas de 0,45 m, sendo que as extremidades foram consideradas como bordadura.

5.4.2 Instalação e condução do experimento em campo

Em todos os anos de estudo o feijão-caupi foi semeado no sistema de plantio direto. As áreas onde os experimentos foram conduzidos tinham como cultura antecessora a soja, após a colheita os restos culturais foram previamente manejados com a utilização do herbicida glifosato (1.560 g i.a ha⁻¹) e triturador de restos culturais.

Foram aplicados, no sulco de semeadura, 200 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado NPK 8-20-20 em 2011, 200 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado NPK 8-28-16 em 2012 e 230 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado NPK 8-28-16 em 2013.

As semeaduras foram realizadas em 16/03/2011, 15/03/2012 e 07/03/2013, utilizando-se o dobro de sementes necessárias para a obtenção das populações de plantas desejadas. Em 2011 e 2012, as semeaduras foram realizadas manualmente, enquanto em 2013, semeou-se mecanicamente com a semeadora de parcela Semeato, modelo SHP 249. A emergência das plantas ocorreu em 23/03/2011, 22/03/2012 e 13/03/2013, nos anos de 2011, 2012 e 2013, respectivamente. Em 05/04/2011, 01/04/2012 e 26/03/2013 foram realizados os desbastes das plantas.

Em 2011, para o controle de doenças foi feita aplicação do fungicida iprodione (200 g ha⁻¹ i.a.) no dia 25/03/2011; em 12/04/2011 e 05/05/2011 aplicou-se o inseticida metamidofós (0,5L ha⁻¹ i.a.), no dia 05/05/2011 também aplicou-se o

fungicida clorotalonil + tiofanato-metílico (750+300 g ha⁻¹ i.a.). A última aplicação realizada foi do fungicida metconazol + piraclostrobina (0,5L ha⁻¹ i.a) e do inseticida acefato (0,5 L ha⁻¹ i.a) no dia 15/06/2011.

Em 2012, foram realizadas as seguintes aplicações para controle de doenças e pragas: em 02/04/2012 foi realizada a aplicação do inseticida deltametrina (7,5 g ha⁻¹ i.a.) e do fungicida epoxiconazol + piraclostrobina (100 g ha⁻¹ i.a.); em 11/04/2012 foi realizada a aplicação do inseticida deltametrina (09 g ha⁻¹ i.a.) e do fungicida clorotalonil + tiofanato-metílico (750+300 g ha⁻¹ i.a.); em 13/06/2012 foi realizada a aplicação do inseticida acefato (0,5 L ha⁻¹ i.a) e do fungicida epoxiconazol + piraclostrobina (100 g ha⁻¹ i.a.); em 06/07/2012 foi realizada a aplicação do inseticida acefato (0,5 L ha⁻¹ i.a) e o fungicida clorotalonil + tiofanato-metílico (750+300 g ha⁻¹ i.a.).

Para o controle de pragas e doenças em 2013, foram realizadas as seguintes aplicações: em 27/03/2013 foi realizada a aplicação do inseticida abamectina (13,5 g ha⁻¹ i.a.) e do fungicida clorotalonil + tiofanato-metílico (750+300 g ha⁻¹ i.a.); em 09/04/2013 foi realizada a aplicação do fungicida epoxiconazol + piraclostrobina (100 g ha⁻¹ i.a.) e do inseticida lambda-cialotrina + tiametoxam (17,6+13,25 g ha⁻¹ i.a.); em 30/04/2013 foi realizada a aplicação do fungicida azoxistrobina + ciproconazol (0,28 L ha⁻¹ i.a.); em 16/05/2013 foi realizada a aplicação do inseticida deltametrina (09 g ha⁻¹ i.a.); em 03/06/2013; foi realizada a aplicação do fungicida clorotalonil + tiofanato-metílico (750+300 g ha⁻¹ i.a.) e do inseticida acefato (0,5 L ha⁻¹ i.a).

Como já citado para o experimento I, no mês de junho em 2011, ocorreu um vendaval, que ocasionou o tombamento das plantas, e a temperatura chegou próximo de 0 °C (Figura 1A), o que pode ter prejudicado as plantas na fase de enchimento de grãos. No ano de 2012, a cultivar BRS Novaera apresentou três florescimentos com posterior queda das flores, foi considerado para fins de avaliação a data do primeiro florescimento, o não pegamento das flores impossibilitou a avaliação dos componentes de produção, porém as demais avaliações foram realizadas.

O controle de plantas daninhas foi realizado através de capina manual, sempre que necessário.

As colheitas da cultivar BRS Novaera foi realizada em 12/07/2011 e da cultivar BRS Guariba em 28/07/2011, no ano de 2011. Em 2012, a cultivar BRS Guariba foi colhida em 20/07/2012 e a cultivar BRS Novaera não foi colhida, pois não

produziu grãos. Já em 2013, a cultivar BRS Novaera foi colhida em 14/06/2013 e a cultivar BRS Guariba em 24/06/2013.

5.4.3 Avaliações

a) Acompanhamento fenológico

Foi realizado o monitoramento fenológico das plantas de cada unidade experimental, dividindo-se o ciclo em estádios distintos de desenvolvimento e anotados os números de dias em cada fase, a saber: a) número de dias da sementeira à emergência das plântulas (NDAE); b) número de dias da emergência até a floração plena (NDAF); c) número de dias da emergência à maturação fisiológica (NDAM).

b) Número de folhas por planta (NFP) e área foliar (AF)

No florescimento pleno, o número de folhas por planta foi determinado pela contagem do número de folhas de cada uma das oito plantas coletadas na parcela e para a determinação da área foliar todas as folhas de cada planta foram separadas e a área foliar obtida com auxílio de um integrador de área foliar de bancada LICOR, modelo 3100C.

c) Matéria seca da parte aérea (MSPA)

As plantas colhidas para determinação da área foliar foram acondicionadas em sacos de papel e submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C por 72 horas. Após a secagem, foi determinada a massa de matéria seca total (folhas e caule + pecíolo) em balança analítica.

d) Razão de área foliar (RAF)

É a relação entre a área foliar média de uma planta e a massa de matéria seca da parte aérea da planta. Obtido pelo seguinte cálculo:

$$RAF = (AF) / (MSt)$$

Em que:

RAF = razão de área foliar (cm² g⁻¹);

AF = área foliar (cm²);

MSt = matéria seca total da planta (g).

d) Índice de área foliar (IAF)

Relação entre a área foliar e a área da superfície do terreno (A_t) ocupada por elas.

e) População final de plantas (PFP)

A determinação da população final de plantas foi realizada na véspera da colheita, considerando as duas fileiras centrais com comprimento de 3 m em cada unidade experimental. Os resultados convertidos em plantas ha^{-1} .

f) Comprimento do ramo principal (CRP)

Foi determinada com auxílio de uma trena, medindo-se a distância entre o colo da planta e o ponto mais alto do ramo principal. Os valores expressos em centímetros corresponderam à média das oito plantas avaliadas por unidade experimental.

g) Número de nós no ramo principal (NNRP)

Foi determinado mediante a contagem do número total de nós no ramo principal de cada planta, avaliado em oito plantas coletadas dentro da área útil de cada unidade experimental.

h) Número de ramos laterais (NRL)

Foi determinado mediante a contagem do número total de ramos em cada planta, avaliado em oito plantas coletadas dentro da área útil de cada unidade experimental.

i) Altura de inserção da primeira vagem (AIPV)

A altura de inserção da primeira vagem foi determinada com auxílio de uma trena, medindo-se a distância entre o colo da planta e a inserção da primeira vagem no caule. Os valores foram expressos em centímetros e correspondem à média das oito plantas avaliadas por unidade experimental.

j) Número de vagens por planta (NVP)

Foi determinado mediante a contagem do número total de vagens com pelo menos um grão por planta, avaliado em oito plantas coletadas dentro da área útil de cada unidade experimental.

k) Comprimento médio de vagem (CMV)

Foi determinado em centímetros, pela média de todas as vagens contidas em oito plantas coletadas em cada unidade experimental. No caso de vagens curvas, foi medida a maior linha reta da base da vagem até a sua extremidade.

l) Número de grãos por vagem (NGV)

Foi determinado mediante a relação entre número total de grãos e o número total de vagens, avaliados em oito plantas coletadas dentro da área útil de cada unidade experimental.

m) Massa de grãos por vagens (MGV)

Avaliada através da pesagem do número total de grãos de todas as vagens das oito plantas coletadas, sendo estas vagens as mesmas à que se refere o item k.

n) Massa de 100 grãos (M100G)

Foi avaliada pela pesagem de quatro amostras, de 100 grãos cada uma, em cada unidade experimental. Os dados obtidos foram corrigidos para 13% de umidade (base úmida).

o) Produtividade de grãos (PG)

A colheita do feijão-caupi foi realizada manualmente em duas fileiras de 3 m dentro da área útil de cada unidade experimental. Após a colheita foi realizada debulha manual dos grãos e posterior pesagem, transformando-se a massa de grãos para kg ha^{-1} a 13% de umidade (base úmida).

p) Teor de proteína bruta no grão (TPG)

Quatro amostras de grãos de cada unidade experimental foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 60 °C, por 24 horas. Em seguida, os grãos

foram moídos e submetidos à análise para determinação do teor de nitrogênio, segundo Malavolta et al. (1997). O teor de proteína foi determinado mediante a multiplicação do teor de nitrogênio pelo índice 6,25 (AOAC, 1990).

5.5 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. No Experimento I, a comparação de médias foi efetuada pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). No Experimento II, as médias das cultivares foram comparadas pelo teste t ($P \leq 0,05$), enquanto os efeitos das populações de plantas foram avaliados por meio de análise de regressão, adotando-se como critério para escolha do modelo a magnitude dos coeficientes de regressão significativos a 5% de probabilidade pelo teste t.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Experimento I – Épocas de semeadura para cultivares de feijão-caupi

O número de dias até a emergência (NDAE) foi aumentado em função do atraso da época de semeadura, em todos os anos de estudo (Tabelas 2, 3 e 4). Nos anos de 2012 e 2013, em decorrência do maior número de épocas semeadas, houve maiores diferenças no NDAE entre a primeira época de semeadura (1^a quinzena de fevereiro) e a última época, no mês de abril (Tabelas 3 e 4). No ano de 2012, houve um aumento de 50% no NDAE da primeira para a sexta época (2^a quinzena de abril) (Tabela 3). O atraso na emergência se deu em consequência das baixas temperaturas a partir do início de março (Figura 1). Não houve diferenças entre as cultivares para o NDAE dentro de cada época estudada.

As cultivares semeadas no mês de fevereiro emergiram mais rapidamente do que, quando semeadas nos demais meses de estudo (Tabelas 2, 3 e 4). Independentemente do ano de estudo, as maiores temperaturas foram registradas no mês de fevereiro (Figura 1). Conforme Wien e Summerfield (1984b), a faixa ideal de temperatura para a germinação do feijão-caupi é de 23 a 32,5° C, estes valores são semelhantes aos registrados para o mês de fevereiro, nos anos avaliados. De acordo com os autores, a velocidade da emergência de plantas independe do genótipo, sendo influenciada apenas pela temperatura, este comportamento foi observado neste estudo, visto que as cultivares apresentaram valores semelhante, quanto ao NDAE, dentro de cada época avaliada. A germinação é influenciada pelo ambiente. Caso a planta encontre um ambiente adverso, dificilmente a germinação ocorrerá, ou esta será lenta. Para que ocorra, é necessário que as

condições do meio sejam adequadas, em termos de composição atmosférica, água e temperatura adequada (KERBAUY, 2008).

Tabela 2. Número médio de dias da sementeira até a emergência, da emergência até o florescimento e da emergência até a maturação de cultivares de feijão-caupi em função de épocas de sementeira, no ano de 2011. Botucatu-SP.

Cultivar	Dias até a emergência	Dias até o florescimento	Dias até a maturação
1 ^a Quinzena de março - 1 ^a Época			
BRS Cauamé	7	45	106
BRS Guariba	7	45	106
BRS Itaim	7	45	106
BRS Novaera	7	40	95
BRS Tumucumaque	7	45	106
Média	7	44	104
2 ^a Quinzena de março - 2 ^a Época			
BRS Cauamé	8	46	130
BRS Guariba	8	48	127
BRS Itaim	8	46	127
BRS Novaera	8	43	121
BRS Tumucumaque	8	48	127
Média	8	46	126
1 ^a Quinzena de abril - 3 ^a Época			
BRS Cauamé	8	86	137
BRS Guariba	8	86	137
BRS Itaim	8	86	137
BRS Novaera	8	80	132
BRS Tumucumaque	8	84	137
Média	8	84	136
2 ^a Quinzena de abril - 4 ^a Época			
BRS Cauamé	9	-	-
BRS Guariba	9	-	-
BRS Itaim	9	-	-
BRS Novaera	9	-	-
BRS Tumucumaque	9	-	-
Média	9	-	-

Tabela 3. Número médio de dias da semeadura até a emergência, da emergência até o florescimento e da emergência até a maturação de cultivares de feijão-caupi em função de épocas de semeadura, no ano de 2012. Botucatu-SP.

Cultivar	Dias até a emergência	Dias até o florescimento	Dias até a maturação
1ª Quinzena de fevereiro - 1ª Época			
BRS Cauamé	6	43	77
BRS Guariba	6	45	77
BRS Novaera	6	46	77
BRS Potengi	6	46	79
BRS Xiquexique	6	44	79
Média	6	45	78
2ª Quinzena de fevereiro - 2ª Época			
BRS Cauamé	7	45	95
BRS Guariba	7	40	97
BRS Novaera	7	43	95
BRS Potengi	7	43	97
BRS Xiquexique	7	46	97
Média	7	43	96
1ª Quinzena de março - 3ª Época			
BRS Cauamé	7	49	107
BRS Guariba	7	45	111
BRS Novaera	7	47	103
BRS Potengi	7	48	110
BRS Xiquexique	7	51	113
Média	7	48	109
2ª Quinzena de março - 4ª Época			
BRS Cauamé	7	62	117
BRS Guariba	7	65	125
BRS Novaera	7	67	-
BRS Potengi	7	62	119
BRS Xiquexique	7	67	123
Média	7	65	121
1ª Quinzena de abril - 5ª Época			
BRS Cauamé	8	80	134
BRS Guariba	8	83	136
BRS Novaera	8	80	-
BRS Potengi	8	80	136
BRS Xiquexique	8	83	136
Média	8	81	136
2ª Quinzena de abril - 6ª Época			
BRS Cauamé	9	83	138
BRS Guariba	9	88	142
BRS Novaera	9	85	-
BRS Potengi	9	83	138
BRS Xiquexique	9	88	142
Média	9	85	140

Tabela 4. Número médio de dias da sementeira até a emergência, da emergência até o florescimento e da emergência até a maturação de cultivares de feijão-caupi em função de épocas de sementeira, no ano de 2013. Botucatu-SP.

Cultivar	Dias até a emergência	Dias até o florescimento	Dias até a maturação
1ª Quinzena de fevereiro - 1ª Época			
BRS Cauamé	6	50	88
BRS Guariba	6	45	88
BRS Novaera	6	49	88
BRS Potengi	6	48	88
BRS Tumucumaque	6	45	82
Média	6	47	87
2ª Quinzena de fevereiro - 2ª Época			
BRS Cauamé	6	49	87
BRS Guariba	6	47	89
BRS Novaera	6	50	88
BRS Potengi	6	48	88
BRS Tumucumaque	6	45	86
Média	6	48	88
1ª Quinzena de março - 3ª Época			
BRS Cauamé	6	55	95
BRS Guariba	6	56	100
BRS Novaera	6	50	91
BRS Potengi	6	54	94
BRS Tumucumaque	6	53	94
Média	6	54	95
2ª Quinzena de março - 4ª Época			
BRS Cauamé	7	50	109
BRS Guariba	7	51	110
BRS Novaera	7	47	104
BRS Potengi	7	49	107
BRS Tumucumaque	7	49	107
Média	7	49	107
1ª Quinzena de abril - 5ª Época			
BRS Cauamé	8	-	-
BRS Guariba	8	-	-
BRS Novaera	8	-	-
BRS Potengi	8	-	-
BRS Tumucumaque	8	-	-
Média	8	-	-

Em 2011, o número de dias até o florescimento (NDAF) das cultivares foi, em média, de 45 dias na primeira e segunda época (no mês de março), já na terceira época (1ª quinzena de abril) foi de 84 dias (Tabela 2). De maneira geral, as cultivares sementeiras na primeira época apresentaram número de dias até a maturação (NDAM) de 104 dias, 126 dias na segunda época e 136 dias na terceira época. Houve aumento médio de mais 32 dias no ciclo das cultivares sementeiras na última época, em

comparação com a semeadura na primeira época. Nas duas primeiras épocas de semeadura, houve maior disponibilidade hídrica e temperaturas favoráveis ao bom desenvolvimento das plantas, já na terceira época as plantas foram afetadas pelas baixas temperaturas e escassez de chuvas que ocasionaram o aumento do ciclo para todas as cultivares (Figura 1A e Tabela 2). Na segunda quinzena de abril, as plantas não produziram vagem e não finalizaram o ciclo, provavelmente devido às condições climáticas adversas, principalmente baixa temperatura e deficiência hídrica (Figura 1A).

Nos anos de 2012 e 2013, o atraso na época de semeadura, especialmente a partir da primeira quinzena de março, ocasionou prolongamento considerável do ciclo de todas as cultivares estudadas (Tabelas 3 e 4). O NDAF foi mais afetado no ano de 2012, com aumento nos valores especialmente a partir da quarta época (2^a quinzena de março).

O menor ciclo da cultura semeada na safrinha é economicamente interessante para o produtor rural, pois, após a colheita do feijão-caupi é possível a semeadura de cultura, no período de inverno, como trigo ou triticale. Além do que, cultivares de feijão-caupi que atingem a maturação em até 90 dias após a semeadura, estão menos sujeitas aos déficits hídricos, comuns à segunda safra, pois, a maior exigência hídrica da cultura é até o florescimento. Após esta fase, mesmo sobre déficit hídrico, a cultura pode alcançar produtividades normais. Segundo Gomes Filho e Thain (2002), o período crítico da cultura do feijão-caupi ao estresse, provocado pela deficiência hídrica, restringe-se a uma fase relativamente curta entre a época de floração e o início da maturação (enchimento dos grãos).

As semeaduras realizadas nos meses de fevereiro e março, nos diferentes anos, proporcionaram desenvolvimento mais rápido das cultivares (Tabelas 2, 3 e 4). Em 2012 e 2013, houve melhor distribuição pluviométrica durante a maior parte do desenvolvimento das plantas, em todas as épocas estudadas, evidenciando que o fator que mais influenciou o aumento do ciclo das cultivares foram as baixas temperaturas que incidiram sobre as plantas semeadas, especialmente, a partir da segunda quinzena de março (Figuras 1B e 1C; Tabelas 3 e 4). De acordo com Dumet et al. (2008), uma das causas do aumento no ciclo na cultura do feijão-caupi são as baixas temperaturas, sendo que, abaixo dos 19 °C ocorre o retardamento do aparecimento de flores, prolongando o número de dias da semeadura até o florescimento e do florescimento até a maturação fisiológica

(ROBERTS et al., 1978; SUMMERFIELD et al., 1978; LITTLETON et al., 1979; LEITE et al., 1997).

De maneira geral, considerando os três anos de estudo, as cultivares semeadas até a primeira quinzena de março, em média, floresceram aos 47 DAE, e apresentaram ciclo inferior a 110 DAE (Tabelas 2, 3 e 4). Resultados semelhantes foram obtidos por Carvalho (1995), em pesquisa realizada com dez cultivares de feijão-caupi, na qual o autor verificou que a maioria das cultivares apresentou florescimento pleno aos 50 DAE. Matoso et al. (2013), avaliaram, em Botucatu-SP, 20 genótipos de feijão-caupi, semeados no mês de março e o NDAM foi de 109 e 114 dias, respectivamente, em 2011 e 2012, estes resultados são semelhantes aos obtidos neste estudo para as épocas semeadas em março.

Em todos os anos, houve pequenas diferenças entre as cultivares quanto ao NDAF e NDAM, principalmente nas épocas mais tardias (Tabelas 2, 3 e 4). Destaca-se que as cultivares que apresentaram menor ciclo numa determinada época, não necessariamente mantiveram este comportamento em outras épocas. Contudo, de maneira geral, as cultivares apresentaram o mesmo comportamento quando foram semeadas na mesma época em diferentes anos. A variação entre as cultivares quanto ao desenvolvimento fenológico em resposta a fatores ambientais, tais como baixa temperatura, provavelmente está relacionada a características genéticas (OLIVEIRA, 2012).

No primeiro ano de estudo houve apenas efeito isolado dos fatores época de semeadura e cultivar na população final de plantas (PFP) (Tabela 5). A maior PFP foi obtida na primeira época de semeadura que diferiu significativamente da última época (Tabela 6). A cultivar BRS Cauamé apresentou a maior PFP, porém diferindo estatisticamente apenas das cultivares BRS Itaim e BRS Novaera.

Nos anos de 2012 e 2013, a PFP foi afetada pelos fatores estudados e pela interação entre eles (Tabela 5). Apesar da interação significativa, em ambos os anos o desdobramento da interação evidencia que, de maneira geral, as maiores PFP foram obtidas nas primeiras épocas de semeadura (Tabela 6). Em 2012, a PFP obtida na sexta época de semeadura (2^a quinzena de abril) foi em média 56% menor que aquela constatada na primeira época (1^a quinzena de fevereiro). Este comportamento, possivelmente esta relacionado à influência das menores temperaturas e disponibilidade hídrica das épocas mais tardias na sobrevivência das plantas, já que em todas as épocas, os estandes iniciais

foram padronizados para aproximadamente 200.000 plantas ha⁻¹, mediante semeadura de maior quantidade de sementes e desbaste após a emergência das plântulas.

Tabela 5. Probabilidade de F e coeficiente de variação para os resultados de população final de plantas de cultivares de feijão-caupi em função de épocas de semeadura, nos anos de 2011, 2012 e 2013. Botucatu-SP.

Fonte de variação	População final de plantas		
	2011	2012	2013
	Probabilidade ($P>F$)		
Época (E)	0,040	<0,001	<0,001
Cultivar (C)	0,001	<0,001	<0,001
Interação E x C	0,252	<0,001	0,005
CV _{parcela} (%)	7,7	19,9	4,0
CV _{subparcela} (%)	4,4	11,3	4,3

Apesar de ter havido variações na PFP das cultivares nas diferentes épocas de semeadura, estas foram mais expressivas nas épocas de semeadura mais tardias (Tabela 6). No ano de 2012, a cultivar BRS Novaera apresentou as menores PFP nas duas últimas épocas de semeadura, mesma tendência observada na última época de semeadura do ano de 2011. Contudo, este comportamento não foi observado em 2013.

A massa de matéria seca da parte área (MSPA) das plantas foi influenciada pelos fatores estudados e pela interação entre eles, em todos os anos de estudo (Tabela 7). No ano de 2011, a primeira e segunda épocas de semeadura proporcionaram os maiores valores de MSPA para todas as cultivares estudadas (Tabela 8). Na última época de semeadura as plantas estavam sob um regime pluviométrico com menor disponibilidade hídrica e menores temperaturas, se comparadas às semeaduras realizadas nas épocas anteriores, o que levou a cultura a diminuir o crescimento vegetativo e, conseqüentemente, a produção de MSPA (Figura 1A e Tabela 8). Segundo Andriollo, (1999), a temperatura afeta a distribuição da massa seca na planta, pois atua sobre o desenvolvimento, a fotossíntese e a respiração das plantas.

Tabela 6. População final de plantas (plantas ha⁻¹) de cultivares de feijão-caupi em função de épocas de semeadura, nos anos de 2011, 2012 e 2013. Botucatu-SP. ⁽¹⁾

Cultivar	Época de semeadura						Média
	1 ^a fev.	2 ^a fev.	1 ^a mar.	2 ^a mar.	1 ^a abr.	2 ^a abr.	
	<u>2011</u>						
BRS Cauamé	-	-	208.889	185.556	181.388	-	191.944a
BRS Guariba	-	-	189.306	186.667	183.703	-	186.559ab
BRS Itaim	-	-	190.370	178.889	176.389	-	181.883bc
BRS Novaera	-	-	179.167	174.167	168.889	-	174.074c
BRS Tumucumaque	-	-	197.778	184.444	182.222	-	188.148ab
Média	-	-	193.102A	181.944AB	178.518B	-	
	<u>2012</u>						
BRS Cauamé	208.539aA	176.667aAB	149.444aBC	131.667aCD	86.111bcE	99.406aDE	141.972
BRS Guariba	194.074aA	170.370aA	177.947aA	130.556aB	113.333abBC	77.222abC	143.917
BRS Novaera	186.667aA	171.111aA	148.889aAB	127.222aB	72.777cC	46.667bC	125.555
BRS Potengi	192.631aA	173.611aAB	141.667aBC	126.111aC	103.704abcC	110.000aC	141.287
BRS Xiquexique	191.600aA	168.889aAB	148.777aBC	145.555aBC	124.445aCD	97.778aD	146.173
Média	194.702	172.129	153.343	132.222	100.074	86.214	
	<u>2013</u>						
BRS Cauamé	200.834aA	206.111aA	197.574aA	177.777aB	-	-	195.574
BRS Guariba	205.555aA	181.556bB	175.621bcBC	162.222aC	-	-	181.238
BRS Novaera	193.889aA	192.278abA	169.818cB	168.888aB	-	-	181.218
BRS Potengi	209.168aA	205.833aAB	191.038abB	173.333aC	-	-	194.843
BRS Tumucumaque	208.056aA	207.222aA	188.171abB	161.945aC	-	-	191.378
Média	203.500	198.600	184.444	168.833	-	-	

⁽¹⁾Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 7. Probabilidade de F e coeficiente de variação para os resultados de matéria seca da parte aérea e comprimento do ramo principal de cultivares de feijão-caupi em função de épocas de semeadura, nos anos de 2011, 2012 e 2013. Botucatu-SP.

Fonte de variação	Massa de matéria seca da parte aérea			Comprimento do ramo principal		
	2011	2012	2013	2011	2012	2013
	Probabilidade ($P>F$)					
Época (E)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Cultivar (C)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Interação E x C	0,029	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,018
CV _{parcela} (%)	11,2	6,0	6,7	13,6	11,6	11,6
CV _{subparcela} (%)	11,6	6,4	9,9	14,2	9,0	12,7

Tabela 8. Massa de matéria seca da parte aérea (g planta⁻¹) de cultivares de feijão-caupi em função de épocas de semeadura, nos anos de 2011, 2012 e 2013. Botucatu-SP. ⁽¹⁾

Cultivar	Época de semeadura						Média
	1 ^a fev.	2 ^a fev.	1 ^a mar.	2 ^a mar.	1 ^a abr.	2 ^a abr.	
	<u>2011</u>						
BRS Cauamé	-	-	11,4abcA	11,0abA	7,4bB	-	9,9
BRS Guariba	-	-	11,1bcA	9,5bA	6,6bB	-	9,1
BRS Itaim	-	-	13,1abA	12,4aA	6,1bB	-	10,5
BRS Novaera	-	-	10,1cA	9,9bA	7,2bB	-	9,1
BRS Tumucumaque	-	-	13,7aA	12,4aA	9,8aB	-	12,0
Média	-	-	11,9	11,0	7,4	-	
	<u>2012</u>						
BRS Cauamé	18,1aB	17,5cB	19,8cA	10,0aC	6,8abD	3,8cE	12,7
BRS Guariba	14,8bC	18,3bcB	19,9cA	8,0bD	6,2bE	4,1cE	11,9
BRS Novaera	18,7aC	19,5abAB	20,5abA	5,1cD	4,3cDE	2,8cE	11,8
BRS Potengi	15,5bB	18,7abcA	19,6cA	8,1bC	7,9aC	5,9aD	12,6
BRS Xiquexique	17,2aB	20,1aA	21,5aA	7,5bC	7,4abC	6,5aC	13,4
Média	16,8	18,8	20,2	7,7	6,5	4,6	
	<u>2013</u>						
BRS Cauamé	21,2abA	18,8abA	18,5bA	4,9aB	-	-	15,8
BRS Guariba	19,3bcA	19,5abA	20,1abA	5,1aB	-	-	16,0
BRS Novaera	24,0aA	23,8aA	21,8aA	6,3aB	-	-	19,0
BRS Potengi	18,1cdA	20,5bA	19,4abA	6,1aB	-	-	16,0
BRS Tumucumaque	16,3dA	16,9cA	17,6bA	6,0aB	-	-	14,2
Média	19,8	19,9	19,5	5,7	-	-	

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No segundo ano de estudo, de maneira geral, os maiores valores de MSPA foram observados na segunda (2^a quinzena de fevereiro) e terceira (1^a quinzena de março) épocas, com diminuição nos valores a partir da quarta época de semeadura (2^a quinzena de março) (Tabela 8). Já as plantas semeadas a partir da segunda quinzena de março, apesar da boa distribuição de chuvas, provavelmente sofreram com as menores temperaturas. Apenas a partir da quarta época de semeadura (2^a quinzena de março) houve diferença entre as cultivares, com os menores valores sendo obtidos, especialmente nas cultivares BRS Novaera e BRS Potengi.

Em 2013, as três primeiras épocas de semeadura, proporcionaram os maiores valores para MSPA em todas as cultivares estudadas (Tabela 8). Nas três primeiras épocas de semeadura a cultivar BRS Novaera apresentou os maiores valores MSPA e a cultivar BRS Tumucumaque, os menores. Na última época de semeadura não houve diferenças significativas entre as cultivares (Tabela 8).

Os resultados revelam que o retardamento na época de semeadura, ocasionou declínio na MSPA das cultivares avaliadas (Tabela 8). Os menores valores de MSPA, provavelmente decorreram das condições climáticas, especialmente das menores temperaturas (Figura 1). Apesar das baixas temperaturas ocasionarem o aumento do ciclo do feijão-caupi, isto não significou um maior crescimento das plantas, como pode ser observado neste estudo (Tabelas 2, 3, 4 e 8), pois temperaturas menores do que 19 °C prejudicam o crescimento e o desenvolvimento da planta de feijão-caupi, ou seja, a planta se mantém viva, mas seu crescimento é limitado (LITTLETON et al., 1979; LEITE et al., 1997).

Houve interação significativa dos fatores para o comprimento do ramo principal (CRP), em todos os anos de estudo (Tabela 7). Em 2011, para a primeira época de semeadura foi observada a redução no CRP com o atraso nas épocas de semeadura (Tabela 9). Em 2012, os maiores valores de CRP foram observados na terceira época de semeadura (1^a quinzena de março), com menores valores tanto nas épocas mais precoces, quando nas mais tardias. Já no ano de 2013, de maneira geral, os maiores valores foram obtidos com nas semeaduras realizadas em fevereiro. Tanto a menor radiação solar, devido à maior nebulosidade, nas semeaduras de fevereiro, quanto as menores temperaturas nas épocas mais tardias podem ter favorecido a redução do CRP (Tabela 9 e Figura 1). Os resultados corroboram Pelúzio et al. (2006), que observaram que a época de semeadura, além da produtividade, afeta a arquitetura e o desenvolvimento das plantas.

Tabela 9. Comprimento do ramo principal (cm) das plantas de cultivares de feijão-caupi em função de épocas de semeadura, nos anos de 2011, 2012 e 2013. Botucatu-SP. ⁽¹⁾

Cultivar	Época de semeadura						Média
	1 ^a fev.	2 ^a fev.	1 ^a mar.	2 ^a mar.	1 ^a abr.	2 ^a abr.	
<u>2011</u>							
BRS Cauamé	-	-	93,2aA	59,9bcB	29,8aC	-	61,0
BRS Guariba	-	-	92,7aA	84,3aA	29,9aB	-	69,0
BRS Itaim	-	-	58,2bA	65,9bA	23,5aB	-	52,5
BRS Novaera	-	-	41,3cA	47,3cA	23,4aB	-	37,4
BRS Tumuc.	-	-	84,9aA	71,7abA	36,4aB	-	64,3
Média	-	-	76,1	65,8	28,6	-	
<u>2012</u>							
BRS Cauamé	40,9abD	69,1aB	103,6aA	79,4abB	56,8abC	38,7abD	64,8
BRS Guariba	34,4bcE	68,8aC	109,3aA	88,03aB	67,1aC	46,7aD	69,1
BRS Novaera	23,4cCD	32,9cBC	58,6bA	37,9cB	41,4cB	19,4cD	35,6
BRS Potengi	38,8bCD	46,1bC	99,8aA	73,2bB	49,4bcC	32,7bD	56,7
BRS Xiquex.	50,1aDE	67,4aC	104,0aA	84,9aB	56,3abCD	43,0abE	67,6
Média	37,5	56,8	95,1	72,7	54,2	36,1	
<u>2013</u>							
BRS Cauamé	140,2abA	139,0aA	109,0aB	55,4aC	-	-	110,9
BRS Guariba	142,9aA	144,4aA	127,8aA	45,7abB	-	-	115,2
BRS Novaera	94,4cA	98,1bA	60,5cB	28,1bC	-	-	70,3
BRS Potengi	116,1bcA	138,8aA	82,3bcB	40,1abC	-	-	94,3
BRS Tumuc.	118,5abcAB	140,3aA	105,4abB	44,8abC	-	-	102,2
Média	122,4	132,1	96,7	42,8	-	-	

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As cultivares BRS Guariba e BRS Xiquexique apresentaram o ciclo mais longo e também os maiores valores em média para CRP, em 2012 (Tabelas 3 e 9). De acordo com Komori et al. (2004), em soja, a característica altura da planta é influenciada pelo ciclo de maturação da cultivar, ou seja, cultivares precoces tendem a apresentar menor porte e cultivares tardias maior porte.

Em 2013, entre as cultivares, a BRS Guariba, BRS Cauamé e BRS Tumucumaque, apresentaram maior CRP em todas as épocas de estudo (Tabela 9). A cultivar BRS Novaera, assim como nos demais anos, foi a que apresentou o menor CRP nas diferentes épocas de semeadura.

A altura de inserção da primeira vagem (AIPV) só não foi influenciada pelo fator época de semeadura no primeiro ano (Tabela 10). Houve interação significativa em todos os anos de estudo. Mediante o desdobramento da interação, verifica-se que em 2011, apenas a cultivar BRS Novaera apresentou redução nos valores de AIPV em função do atraso na época de semeadura, sendo que as demais cultivares não foram afetadas (Tabela 11). Na primeira época de semeadura, a menor AIPV foi obtida na cultivar BRS Itaim, na segunda época pela cultivar BRS Novaera e na terceira época por estas duas cultivares, o que está relacionado com os valores para CRP apresentados por estas cultivares (Tabela 9).

Tabela 10. Probabilidade de F e coeficiente de variação para os resultados de altura de inserção da primeira vagem e número de nós no ramo principal de cultivares de feijão-caupi em função de épocas de semeadura, nos anos de 2011, 2012 e 2013. Botucatu-SP.

Fonte de variação	Inserção da primeira vagem			Número de nós no ramo principal		
	2011	2012	2013	2011	2012	2013
	Probabilidade ($P>F$)					
Época (E)	0,448	<0,001	<0,001	<0,000	<0,001	<0,001
Cultivar (C)	<0,001	<0,001	<0,001	0,008	<0,001	<0,001
Interação E x C	<0,007	<0,001	<0,001	0,093	<0,001	<0,001
CV _{parcela} (%)	14,7	8,9	14,0	7,1	10,7	17,3
CV _{subparcela} (%)	12,5	7,7	11,8	10,7	10,5	12,9

Em 2012, a cultivar BRS Novaera não produziu vagens na quarta, quinta e sexta épocas de semeadura, portanto, os valores de AIPV foram zero (Tabela 11). A sexta época de semeadura promoveu os maiores valores para AIPV para todas as cultivares (variando entre 24,7 a 30,2 cm), com exceção da BRS Novaera. Por outro lado, as cultivares semeadas na primeira época apresentaram os menores valores (variando entre 9,1 a 14,7 cm). De maneira geral, a cultivar BRS Novaera apresentou as menores AIPV. Para o sistema produtivo moderno, valores de inserção da primeira vagem inferiores a 12 cm podem resultar em perdas na colheita e, em consequência, reduzir os ganhos dos produtores (YOKOMIZO, 1999). Assim, a maior distância da AIPV é particularmente desejada em lavouras tecnificadas, sendo este um importante componente a ser considerado no desenvolvimento de genótipos para colheita mecânica do feijão-caupi.

Tabela 11. Altura de inserção da primeira vagem (cm) nas plantas de cultivares de feijão-caupi em função de épocas de semeadura, nos anos de 2011, 2012 e 2013. Botucatu, SP. ⁽¹⁾

Cultivar	Época de semeadura						Média
	1 ^a fev.	2 ^a fev.	1 ^a mar.	2 ^a mar.	1 ^a abr.	2 ^a abr.	
<u>2011</u>							
BRS Cauamé	-	-	26,2aA	25,3aA	23,2abA	-	24,9
BRS Guariba	-	-	23,3aA	25,9aA	23,0abA	-	24,1
BRS Itaim	-	-	16,7bA	20,5abA	18,8bA	-	18,7
BRS Novaera	-	-	25,6aA	17,6bB	18,2bB	-	20,5
BRS Tumuc.	-	-	25,8aA	26,3aA	27,7aA	-	26,6
Média	-	-	23,5	23,1	22,2	-	
<u>2012</u>							
BRS Cauamé	14,6aE	16,7aDE	17,8bCD	20,2bcBC	22,3aB	25,7bA	19,5
BRS Guariba	11,2bD	12,5bD	17,7bC	21,4abB	22,5aB	30,2aAB	19,2
BRS Novaera	9,1bB	11,1bB	15,6bA	0,0cC	0,0cC	0,0cC	6,0
BRS Potengi	14,7aD	18,3aC	22,1aB	23,4aB	24,2aB	27,3bA	21,7
BRS Xiquex.	14,2aC	16,1aBC	17,4bB	17,6bB	18,2bB	26,8bA	18,4
Média	12,8	14,9	18,1	16,5	17,4	22,0	
<u>2013</u>							
BRS Cauamé	12,9bB	13,6aB	13,7abB	22,5aA	-	-	15,7
BRS Guariba	12,5bB	14,2aB	15,0aAB	18,3cbA	-	-	15,0
BRS Novaera	10,2bB	13,9aA	10,4bB	15,6cA	-	-	12,5
BRS Potengi	11,3bB	13,9aAB	11,9abB	18,1bcA	-	-	13,8
BRS Tumuc.	17,7aA	11,7aB	13,8abB	20,6abA	-	-	15,9
Média	12,9	13,9	12,5	19,0	-	-	

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No ano de 2013, de maneira geral, também houve aumento da AIPV à medida que se atrasou a época de semeadura, com exceção da cultivar BRS Tumucumaque, que também apresentou elevado valor de AIPV na primeira época de semeadura (Tabela 11). Na primeira época de semeadura (1^a quinzena de fevereiro), a cultivar BRS Tumucumaque apresentou AIPV maior que todas as demais cultivares. Na terceira e quarta épocas (1^a e 2^a quinzenas de março), os menores valores de AIPV foram obtidos na cultivar BRS Novaera, sendo que esta cultivar também apresentou os menores valores para CRP (Tabela 9).

O número de nós no ramo principal (NNRP) foi afetado apenas pelos fatores isolados em 2011, bem como, pela interação entre eles nos demais anos (Tabela 10). Em 2011, houve redução no NNRP com atraso das épocas de semeadura

(Tabela 12). As condições climáticas mais favoráveis ao desenvolvimento das plantas nesta época podem ter favorecido a maior formação de nós vegetativos no ramo principal. O maior NNRP foi observado na cultivar BRS Guariba, que diferiu apenas da cultivar BRS Novaera.

Tabela 12. Número de nós no ramo principal das plantas de cultivares de feijão-caupi em função de épocas de semeadura, nos anos de 2011, 2012 e 2013. Botucatu, SP. ⁽¹⁾

Cultivar	Época de semeadura						Média
	1 ^a fev.	2 ^a fev.	1 ^a mar.	2 ^a mar.	1 ^a abr.	2 ^a abr.	
<u>2011</u>							
BRS Cauamé	-	-	10,4	9,1	7,7	-	9,0ab
BRS Guariba	-	-	11,6	11,4	6,9	-	10,0a
BRS Itaim	-	-	11,0	9,9	7,0	-	9,3ab
BRS Novaera	-	-	10,4	8,3	6,7	-	8,3b
BRS Tumuc.	-	-	11,3	10,1	7,4	-	9,6ab
Média	-	-	10,9A	9,9B	7,1C	-	
<u>2012</u>							
BRS Cauamé	9,0aB	10,3abAB	12,0aA	12,0aA	10,3aAB	9,3aB	10,5
BRS Guariba	8,5aC	9,8abBC	12,3aA	12,5aA	11,5aAB	8,8aC	10,5
BRS Novaera	6,3bC	9,8abB	12,0aA	8,5bB	5,0bC	2,5bD	7,3
BRS Potengi	8,3abCD	8,8bCD	12,0aA	11,8aAB	9,8aBC	7,5aD	9,7
BRS Xiquex.	10,3aBC	11,5aAB	12,3aAB	13,3aA	10,3aBC	9,0aC	11,1
Média	8,5	10,0	12,1	11,6	9,4	7,4	
<u>2013</u>							
BRS Cauamé	14,8aA	12,5bAB	12,3abAB	11,0aB	-	-	12,6
BRS Guariba	15,0aA	16,5aA	13,5aA	9,0aB	-	-	13,5
BRS Novaera	14,3aA	8,5cB	8,5cB	8,0aB	-	-	9,8
BRS Potengi	14,0aA	11,0bcAB	10,0bcB	8,3aB	-	-	10,8
BRS Tumuc.	13,8aA	14,0abA	14,3aA	10,0aB	-	-	13,0
Média	14,3	12,5	11,7	9,3	-	-	

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No segundo ano de estudo, de modo geral, houve o aumento no NNRP até a terceira época de semeadura (1^a quinzena de março), com posterior decréscimo nas épocas mais tardias, assim como observado para MSPA e CRP (Tabelas 8 e 9). A semeadura na 1^a quinzena de março demonstrou ser a mais propícia para o desenvolvimento das plantas, já que as médias de MSPA, CRP e NNRP dessa época foram superiores quando comparadas às médias das outras épocas de semeadura, em 2012 (Tabelas 8, 9 e 12). Quando a semeadura foi realizada na primeira quinzena de março (3^a

época), não houve diferença entre as cultivares para o NNRP, porém, tanto na primeira época quanto nas épocas posteriores na primeira quinzena de março, a cultivar BRS Novaera apresentou os menores valores de NNRP (Tabela 12). Na segunda época de semeadura, o menor valor foi obtido na cultivar BRS Potengi.

No ano de 2013, com o atraso na época de semeadura foi observado o decréscimo no NNRP, em todas as cultivares, porém de forma mais intensa na cultivar BRS Novaera, que já apresentou grande redução nos valores desta variável na segunda época de semeadura (2^a quinzena de fevereiro) (Tabela 12). Na primeira e quarta épocas de semeadura, as cultivares não diferiram entre si quanto ao NNRP, já nas demais épocas os maiores valores para o NNRP foram obtidos pelas cultivares BRS Guariba e BRS Tumucumaque.

Observa-se que com o atraso da semeadura, as cultivares de feijão-caupi tenderam a diminuir o CRP (Tabela 9) e o NNRP (Tabela 12). Estes resultados indicam que o CRP das plantas foi condicionado pelo NNRP, visto que o menor número de nós formados resultou em menor CRP das plantas avaliadas.

O número de ramos laterais (NRL) foi afetado pelos fatores e pela interação entre eles em todos os anos de estudo (Tabela 13). Nos três anos de estudo, foi claro o efeito do clima sobre o desenvolvimento das plantas, pois, à medida que se atrasou a época de semeadura no período de safrinha ocorreu a redução no NRL, especialmente a partir da segunda quinzena de março (Figura 1 e Tabela 13). Esses resultados são semelhantes aos observados por Marchiori et al. (1999), que constataram redução do número de nós e ramos laterais com atraso da semeadura em feijão.

Tabela 13. Probabilidade de F e coeficiente de variação para os resultados do número de ramos laterais e número de vagens por planta de cultivares de feijão-caupi em função de épocas de semeadura, nos anos de 2011, 2012 e 2013. Botucatu, SP.

Fonte de variação	Número de ramos laterais			Número de vagens por planta		
	2011	2012	2013	2011	2012	2013
	Probabilidade ($P > F$)					
Época (E)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Cultivar (C)	<0,001	0,037	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Interação E x C	<0,001	<0,001	0,014	0,003	<0,001	<0,001
CV _{parcela} (%)	24,9	17,8	15,0	16,6	14,5	14,2
CV _{subparcela} (%)	18,6	16,1	25,8	14,6	19,2	17,6

Tabela 14. Número de ramos laterais de cultivares de feijão-caupi em função de épocas de semeadura, nos anos de 2011, 2012 e 2013, Botucatu-SP. ⁽¹⁾

Cultivar	Época de semeadura						Média
	1ª fev.	2ª fev.	1ª mar.	2ª mar.	1ª abr.	2ª abr.	
<u>2011</u>							
BRS Cauamé	-	-	2,3bA	2,0abAB	1,5aB	-	1,9
BRS Guariba	-	-	2,6bA	2,0abA	1,3aB	-	2,0
BRS Itaim	-	-	2,4bA	2,3abA	1,1aB	-	1,9
BRS Novaera	-	-	4,7aA	2,8aB	1,8aC	-	3,1
BRS Tumuc.	-	-	2,0bA	1,6bA	1,4aA	-	1,7
Média	-	-	2,8	2,1	1,4	-	
<u>2012</u>							
BRS Cauamé	4,5aA	3,8aAB	3,8bAB	3,5aAB	2,7aBC	2,0aC	3,4
BRS Guariba	4,5aA	3,5aAB	3,5bAB	2,5aBC	3,0aBC	2,3aC	3,2
BRS Novaera	4,8aB	4,0aBC	6,0aA	3,5aCD	2,8aD	1,3aE	3,7
BRS Potengi	4,3aAB	3,0aC	4,5bA	3,0aC	3,3aBC	2,3aC	3,4
BRS Xiquex.	4,8aA	3,3aB	4,0bAB	3,3aB	3,8aAB	2,0aC	3,5
Média	4,6	3,5	4,4	3,2	3,1	2,0	
<u>2013</u>							
BRS Cauamé	3,3bA	2,8abAB	3,0abA	1,8aB	-	-	2,7
BRS Guariba	2,5bA	2,3bA	2,0bA	1,5aA	-	-	2,1
BRS Novaera	5,5aA	4,0aB	4,0aB	1,8aC	-	-	3,8
BRS Potengi	3,0bA	3,3abA	3,0abA	1,8aC	-	-	2,8
BRS Tumuc.	2,0bAB	2,3bAB	2,8abA	1,3aB	-	-	2,1
Média	3,3	2,9	3,0	1,6	-	-	

⁽¹⁾Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O número de vagens por plantas (NVP) foi afetado pelos fatores e pela interação entre eles em todos os anos de cultivo (Tabela 13). Com exceção das três primeiras épocas de semeadura do ano de 2012, em que não houve grandes variações no NVP, esta variável foi reduzida drasticamente pelo atraso da época de semeadura (Tabela 15). A redução no NVP demonstra a sensibilidade das cultivares as condições ambientais, pois com o atraso da semeadura houve um grande decréscimo no NVP. Barriga e Oliveira (1982) mencionaram que número de vagens por planta é o caráter mais influenciado por alterações ambientais não controláveis, tais como, temperatura e deficiência hídrica.

Tabela 15. Número de vagens por planta de cultivares de feijão-caupi em função de épocas de semeadura, nos anos de 2011, 2012 e 2013. Botucatu-SP. ⁽¹⁾

Cultivar	Época de semeadura						Média
	1 ^a fev.	2 ^a fev.	1 ^a mar.	2 ^a mar.	1 ^a abr.	2 ^a abr.	
<u>2011</u>							
BRS Cauamé	-	-	6,3aA	3,0abB	2,6aB	-	4,0
BRS Guariba	-	-	5,0bA	2,3abB	1,8abB	-	3,0
BRS Itaim	-	-	5,3bA	2,0bB	1,1bC	-	2,8
BRS Novaera	-	-	6,5aA	2,6abB	1,2bC	-	3,4
BRS Tumuc.	-	-	6,4aA	3,1aB	1,3bC	-	3,6
Média	-	-	5,9	2,6	1,6	-	
<u>2012</u>							
BRS Cauamé	4,5aA	5,0aA	4,4aA	2,8aB	2,6aB	1,7aB	3,5
BRS Guariba	4,1aA	4,8abA	4,3aA	2,1aB	1,9aB	1,6aB	3,1
BRS Novaera	4,1aA	4,3abcA	2,7bB	0,0bC	0,0cC	0,0bC	1,8
BRS Potengi	4,5aA	3,8bcA	4,3aA	2,2aB	2,0aB	1,3aB	3,0
BRS Xiquex.	4,1aA	3,5cAB	3,2bAB	3,0aAB	2,5aBC	1,7aC	3,0
Média	4,3	4,3	3,8	2,0	1,8	1,2	
<u>2013</u>							
BRS Cauamé	12,0bA	8,9abB	7,5abB	1,8aC	-	-	7,5
BRS Guariba	8,3cA	6,8bcA	6,5bA	1,0aB	-	-	5,6
BRS Novaera	15,8aA	10,8aB	9,5aB	1,0aC	-	-	9,3
BRS Potengi	11,3abA	7,8bcB	6,8bB	1,5aC	-	-	6,8
BRS Tumuc.	9,0bcA	5,8cB	5,3bB	1,8aC	-	-	5,4
Média	11,3	8,0	7,1	1,4	-	-	

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As semeaduras realizadas no mês de fevereiro até a primeira quinzena de março, proporcionaram maiores valores no NVP, entre as épocas estudadas, este período foi o que apresentou as maiores temperaturas. Nahardani et al. (2013), avaliando o desempenho produtivo de duas cultivares de feijão-caupi, em três épocas de semeadura, também obtiveram maior NVP na primeira época de semeadura, sendo que esta apresentou as maiores temperaturas, em relação as demais épocas. Segundo estes autores, a sincronização de floração e enchimento de grãos, em temperaturas mais altas, a semeadura mais precoce, proporcionou impacto positivo sobre o número de vagens por planta em relação a datas mais tardias, onde as temperaturas foram mais baixas.

Destaca-se que no ano de 2012, a cultivar BRS Novaera não produziu vagens quando semeada a partir da segunda quinzena de março, bem como, não

houve produção de vagens por nenhuma das cultivares na quinta época de semeadura (1^a quinzena de abril), no ano de 2013 (Tabela 15). O NVP variou entre as cultivares, nas diferentes épocas de semeadura e anos de estudo, porém sem um padrão claro que pudesse indicar que uma determinada cultivar é mais adaptada a um determinada fator. Fernandez e Miller Junior (1985) observaram baixa herdabilidade para número de vagens por planta, chegando a afirmar que o número de vagens por planta é um dos componentes da produção mais afetados pelas mudanças ambientais. Trabalhos desenvolvidos em outros países, tais como, Turquia, Nigéria e no Irã, também têm evidenciado a interação época de semeadura x cultivares de feijão-caupi. Assim como neste trabalho, nos diferentes países de estudo observou-se a redução no número de vagens, com o atraso na época de semeadura (NAHARDANI et al., 2013; PEKSEN et al., 2002).

O comprimento médio de vagens (CMV) apresentou efeito isolado de épocas e cultivares no primeiro ano de estudo, e de ambos os fatores e dessa interação nos demais anos (Tabela 16).

Tabela 16. Probabilidade de F e coeficiente de variação para os resultados de comprimento médio de vagens e número de grãos por vagem de cultivares de feijão-caupi em função de épocas de semeadura, nos anos de 2011, 2012 e 2013. Botucatu, SP.

Fonte de variação	Comprimento médio de vagens			Número de grãos por vagem		
	2011	2012	2013	2011	2012	2013
	Probabilidade ($P>F$)					
Época (E)	<0,001	<0,001	<0,001	0,012	<0,001	0,005
Cultivar (C)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Interação E x C	0,307	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,051
CV _{parcela} (%)	7,2	8,1	9,3	15,8	14,1	18,0
CV _{subparcela} (%)	8,5	8,7	7,1	11,8	13,8	14,1

De maneira geral, os maiores valores de CMV foram observados na cultivar BRS Tumucumaque, que diferiu significativamente das demais cultivares em 2011 e na maioria das épocas em 2013 (Tabela 17). Já no ano de 2012, os maiores valores de CMV foram obtidos nas cultivares BRS Guariba e BRS Xiquexique. Também notou-se redução no CMV com atraso nas época de semeadura, especialmente a partir da primeira quinzena de março. O CMV observado nas cultivares, nos três anos de estudo e em todas as épocas de semeadura, foi inferior ao padrão comercial de 20 cm, proposto por Silva e Oliveira (1993). Vagens grandes são desejáveis para a colheita manual. Entretanto, para as colheitas semimecanizadas e mecanizadas, vagens grandes e elevado número de grãos não

são tão importantes. Atualmente, para esses dois tipos de colheita, vagens menores com menor número de grãos e, conseqüentemente, mais leves, são preferidas, pois permitem melhor sustentação da planta, reduzindo a possibilidade de dobramento e quebra do pedúnculo, bem como de acamamento da planta. Por serem mais leves, as vagens ficam menos sujeitas a encostar ao chão, o que reduz a possibilidade de ocorrência de perdas por apodrecimento (SILVA; NEVES, 2011).

Tabela 17. Comprimento médio de vagens (cm) de cultivares de feijão-caupi em função de épocas de semeadura, nos anos de 2011, 2012 e 2013. Botucatu-SP. ⁽¹⁾

Cultivar	Época de semeadura						Média
	1ª fev.	2ª fev.	1ª mar.	2ª mar.	1ª abr.	2ª abr.	
<u>2011</u>							
BRS Cauamé	-	-	14,2	12,3	10,9	-	12,5b
BRS Guariba	-	-	14,9	12,1	11,4	-	12,8b
BRS Itaim	-	-	13,8	11,6	10,2	-	11,9b
BRS Novaera	-	-	14,3	11,1	11,6	-	12,3b
BRS Tumuc.	-	-	17,6	13,3	12,6	-	14,5a
Média	-	-	15,0A	12,1B	11,3B	-	
<u>2012</u>							
BRS Cauamé	14,3aA	12,4aB	8,4cC	8,3cC	8,8cC	9,6cC	10,3
BRS Guariba	15,3aA	13,8aA	11,9aC	10,6abC	11,2abC	11,6abC	12,4
BRS Novaera	12,2bA	12,5aA	8,2cB	0,0dC	0,0dC	0,0dC	5,5
BRS Potengi	14,5aA	13,6aA	9,7bcC	9,4bcC	9,9bcC	9,9bcC	11,2
BRS Xiquex.	14,6aA	13,8aAB	11,1abC	11,4aC	12,5aBC	12,1aBC	12,6
Média	14,2	13,2	9,8	8,0	8,5	8,6	
<u>2013</u>							
BRS Cauamé	13,3bcA	13,2bcA	11,3abB	10,3bcB	-	-	12,0
BRS Guariba	14,3abA	13,9bA	9,6bB	10,5bcB	-	-	12,1
BRS Novaera	12,2cA	11,5cA	10,7bAB	9,1cB	-	-	10,9
BRS Potengi	13,0bcA	12,8bcA	11,0bB	11,6abAB	-	-	12,1
BRS Tumuc.	15,5aB	17,5aA	13,0aC	13,2aC	-	-	14,8
Média	13,7	13,8	11,1	11,0	-	-	

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O número de grãos por vagem (NGV) foi afetado pela cultivar, pela época de semeadura e pela interação época x cultivar em todos os anos de experimentação (Tabelas 16). Com exceção do ano de 2011, nos demais anos houve redução no NGV com o atraso da época de semeadura, especialmente a partir da primeira quinzena de março

(Tabela 18). Em 2011, com exceção da cultivar BRS Cauamé, as demais cultivares apresentaram maior NGV na primeira e última época (Tabela 18). As condições climáticas mais favoráveis na primeira época podem ter influenciado a maior produção de grãos, já na última época houve a redução no NVP, porém o número de grãos se manteve, sendo estatisticamente igual ao da primeira época (Tabelas 17 e 18). A cultivar BRS Itaim apresentou menor NGV mesmo na primeira época de semeadura. Nos demais anos, os menores valores de NGV foram obtidos na cultivar BRS Novaera em todas as épocas de semeadura.

Tabela 18. Número de grãos por vagem de cultivares feijão-caupi em função de épocas de semeadura, nos anos de 2011, 2012 e 2013. Botucatu, SP. ⁽¹⁾

Cultivar	Época de semeadura						Média
	1ª fev.	2ª fev.	1ª mar.	2ª mar.	1ª abr.	2ª abr.	
<u>2011</u>							
BRS Cauamé	-	-	6,7aA	5,1abA	4,7cB	-	5,5
BRS Guariba	-	-	6,5abA	6,1aA	6,4bA	-	6,3
BRS Itaim	-	-	5,1bA	4,9abA	4,8cA	-	4,9
BRS Novaera	-	-	6,3abB	4,2bC	8,3aA	-	6,3
BRS Tumuc.	-	-	6,3abAB	5,0abB	6,9abA	-	6,1
Média	-	-	6,2	5,1	6,2	-	
<u>2012</u>							
BRS Cauamé	7,0bA	6,8bA	4,8bB	3,5bB	3,5bB	5,0bB	5,1
BRS Guariba	7,8abA	7,8abA	7,8aA	5,3aB	5,3aB	6,5abAB	6,7
BRS Novaera	4,8cA	5,0cA	4,5bA	0,0cB	0,0cB	0,0cB	2,4
BRS Potengi	7,0bA	7,8abA	6,5aAB	5,0abBC	4,8abBC	5,0bB	6,0
BRS Xiquex.	9,3aA	9,3aA	7,3aB	6,0aB	6,3aB	6,8aB	7,5
Média	7,2	7,3	6,2	4,0	4,0	4,7	
<u>2013</u>							
BRS Cauamé	7,7aA	7,0bcA	5,0aB	6,1abAB	-	-	6,4
BRS Guariba	8,5aA	8,5abA	6,8aAB	6,2abB	-	-	7,5
BRS Novaera	6,5aA	5,6cAB	5,4aAB	4,5bB	-	-	5,5
BRS Potengi	7,3aA	6,7bcA	5,9aA	6,8aA	-	-	6,7
BRS Tumuc.	7,8aAB	9,5aA	6,8aB	7,9aAB	-	-	8,0
Média	7,5	7,4	6,0	6,3	-	-	

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A massa de grãos por vagens (MGV) foi influenciada apenas pelos fatores isolados em 2011, mas por ambos os fatores e pela interação, nos demais anos (Tabelas 19). Em 2011, a primeira época de semeadura proporcionou, em média, 1,44 g de

grãos por vagem, diferindo das demais épocas que foram estaticamente iguais e apresentaram 0,95 e 0,90g, respectivamente, para a segunda e terceira épocas. Entre as cultivares, o menor valor de MGv foi obtido na cultivar BRS Cauamé e o maior na cultivar BRS Tumucumaque (Tabela 20).

Tabela 19. Probabilidade de F e coeficiente de variação para os resultados de massa de grãos por vagem e massa de 100 grãos de cultivares de feijão-caupi em função de épocas de semeadura, nos anos de 2011, 2012 e 2013. Botucatu, SP.

Fonte de variação	Massa de grãos por vagem			Massa de 100 grãos		
	2011	2012	2013	2011	2012	2013
	Probabilidade ($P>F$)					
Época (E)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Cultivar (C)	0,021	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Interação E x C	0,263	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
CV _{parcela} (%)	17,5	8,7	11,7	8,2	5,5	4,6
CV _{subparcela} (%)	29,0	8,9	12,3	4,8	8,2	5,8

Em 2012, os maiores valores de MGv foram obtidos nas duas primeiras épocas de semeadura para a maioria das cultivares avaliadas (Tabela 20). Na primeira época, as cultivares BRS Potengi e BRS Guariba apresentaram os maiores valores de MGv, já na segunda época, juntamente com as cultivares citadas, a cultivar BRS Xiquexique também apresentou maior MGv. Já na terceira época a cultivar BRS Novaera apresentou o menor valor, na quarta e quinta época as cultivares BRS Potengi, BRS Guariba e BRS Xiquexique tiveram os maiores valores e, na sexta época, a cultivar BRS Guariba foi estatisticamente diferente das demais cultivares apresentando maior MGv. Comparando-se a primeira época de semeadura com a sexta época, observam-se as seguintes reduções da MGv: 0,87 g para a cultivar BRS Potengi; 0,69 g para a BRS Xiquexique; 0,44 para a BRS Guariba e 0,64g para a BRS Cauamé. Nota-se que a menor redução ocorreu na cultivar BRS Guariba, sendo que esta apresentou o maior valor para MGv na maioria das épocas estudadas (Tabela 20).

Tabela 20. Massa de grãos por vagem (g vagem⁻¹) de cultivares de feijão-caupi em função de épocas de semeadura, nos anos de 2011, 2012 e 2013. Botucatu-SP. ⁽¹⁾

Cultivar	Época de semeadura						Média
	1ª fev.	2ª fev.	1ª mar.	2ª mar.	1ª abr.	2ª abr.	
	<u>2011</u>						
BRS Cauamé	-	-	1,20	1,00	0,53	-	0,91b
BRS Guariba	-	-	1,51	0,93	1,18	-	1,20ab
BRS Itaim	-	-	1,15	0,82	0,90	-	0,95ab
BRS Novaera	-	-	1,68	0,91	0,73	-	1,10ab
BRS Tumuc.	-	-	1,67	1,11	1,14	-	1,31a
Média	-	-	1,44A	0,95B	0,90B	-	
	<u>2012</u>						
BRS Cauamé	1,12bA	1,06bcA	0,99abA	0,58bB	0,57bB	0,48bB	0,80
BRS Guariba	1,33aA	1,15abB	1,13aB	0,86aC	0,88aC	0,89aC	1,04
BRS Novaera	1,10bA	0,95cAB	0,90bB	0,00cC	0,00cC	0,00cC	0,49
BRS Potengi	1,33aA	1,24aA	1,09aB	0,74aC	0,80aC	0,46bD	0,95
BRS Xiquex.	1,13bA	1,14abA	1,03abA	0,78aB	0,81aB	0,44bC	0,89
Média	1,20	1,11	1,03	0,59	0,60	0,61	
	<u>2013</u>						
BRS Cauamé	1,19aA	1,10cA	0,65cB	0,68bcB	-	-	0,91
BRS Guariba	1,33aA	1,47abA	0,77bcB	0,60cB	-	-	1,04
BRS Novaera	1,33aA	1,28bcAB	1,06aB	0,71bcC	-	-	1,09
BRS Potengi	1,18aAB	1,23bcA	0,95abBC	0,92abBC	-	-	1,07
BRS Tumuc.	1,21aB	1,59aA	0,89abcC	0,99aBC	-	-	1,17
Média	1,25	1,34	0,86	0,79	-	-	

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

A duas primeiras épocas de semeadura proporcionaram maior MGv também em 2013, para todas as cultivares avaliadas (Tabela 20). Na primeira época de semeadura, as cultivares não diferiram entre si, já nas demais épocas a menor MGv foi obtida na cultivar BRS Cauamé.

A massa de 100 grãos (M100G) foi afetada por ambos os fatores e pela interação, em todos os anos de estudo (Tabelas 19). Em 2012, na primeira e segunda épocas de semeadura, a cultivar BRS Novaera diferiu das demais, apresentando o maior valor para M100G (Tabela 21). Valores semelhantes, para esta cultivar também foram observados por Vilarinho (2007). Apesar de não ter produzido vagens a partir da quarta época de semeadura no ano de 2012, a cultivar BRS Novaera também apresentou o maior valor para M100G nas três primeiras épocas de 2012 e em todas as épocas de 2013.

Para a maioria das cultivares avaliadas, as primeiras épocas de semeadura proporcionaram maior M100G, em todos os anos de estudos (Tabela 21). Em 2013, a segunda época de semeadura proporcionou a maior M100G, para a maioria das cultivares avaliadas.

Tabela 21. Massa de 100 grãos por vagem (g) de cultivares de feijão-caupi em função de épocas de semeadura, nos anos de 2011, 2012 e 2013. Botucatu-SP. ⁽¹⁾

Cultivar	Época de semeadura						Média
	1 ^a fev.	2 ^a fev.	1 ^a mar.	2 ^a mar.	1 ^a abr.	2 ^a abr.	
<u>2011</u>							
BRS Cauamé	-	-	13,68cA	12,85cA	8,28abB	-	11,60
BRS Guariba	-	-	14,13cA	13,75bcA	7,78bB	-	11,88
BRS Itaim	-	-	17,40bA	15,25abB	8,45abC	-	13,70
BRS Novaera	-	-	20,78aA	15,35aB	9,52aC	-	15,22
BRS Tumuc.	-	-	16,18bA	14,35abcB	9,13abC	-	13,22
Média	-	-	16,43	14,31	8,63	-	
<u>2012</u>							
BRS Cauamé	14,21cA	13,86cAB	13,09bAB	12,17aBC	10,52abCD	10,07aD	12,32
BRS Guariba	15,20bcA	14,37bcAB	13,11bBC	12,23aCD	9,63abE	11,13aDE	12,61
BRS Novaera	18,62aA	17,34aAB	16,57aB	0,00bB	0,00cB	0,00cB	8,76
BRS Potengi	16,41bA	15,99abA	13,66bB	12,72aB	8,77bC	7,18bC	12,45
BRS Xiquex.	14,02cA	12,64cAB	12,76bAB	12,51aAB	11,00aB	6,8bC	11,61
Média	15,69	14,84	13,84	9,92	7,99	7,03	
<u>2013</u>							
BRS Cauamé	14,60cB	16,96cA	13,82bcB	11,05bC	-	-	14,11
BRS Guariba	15,52cB	17,61bcA	13,46cC	11,25abD	-	-	14,46
BRS Novaera	20,49aB	23,91aA	20,01aB	12,89aC	-	-	19,32
BRS Potengi	17,63bA	19,03bA	15,38bB	12,57abC	-	-	16,15
BRS Tumuc.	15,98bcAB	16,90cA	14,57bcB	11,77abC	-	-	14,80
Média	16,85	18,88	15,45	11,91	-	-	

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a produtividade de grãos (PG), houve efeito de todos os fatores e da interação nos dois primeiros anos, porém apenas efeito dos fatores isolados em 2013 (Tabela 22). Em 2011, a primeira época de semeadura (1^a quinzena de março) proporcionou maior PG de todas as cultivares, seguida da segunda época e, posteriormente da terceira (Tabela 23). Apenas na primeira época de semeadura houve diferença entre as cultivares quanto à PG, com os maiores valores obtidos nas cultivares BRS Novaera, BRS

Tumucumaque e BRS Cauamé. Todas as cultivares de feijão-caupi semeadas na primeira época, apresentaram PG superiores à média nacional, que é de 366 kg ha⁻¹ (IBGE, 2009), já na segunda época as cultivares BRS Itaim e BRS Novaera apresentaram PG abaixo da média nacional. O período de restrição hídrica associado às baixas temperaturas, ocorrido a partir de meados de maio em 2011, coincidindo com o estágio reprodutivo da cultura, foi, provavelmente, o causador das baixas PG observadas na segunda e terceira épocas. A floração é severamente afetada pela deficiência de água no período de duas a quatro semanas que precede a diferenciação floral. A menor disponibilidade de água promove decréscimo da fotossíntese e abrevia o período de enchimento de grãos, com prejuízo à produtividade (BERLATO; FONTANA, 1999; MATZENAUER et al., 2003; MATZENAUER et al., 2005).

Tabela 22. Probabilidade de F e coeficiente de variação para os resultados de produtividade de grãos e teor de proteína bruta no grão de cultivares de feijão-caupi em função de épocas de semeadura, nos anos de 2011, 2012 e 2013. Botucatu, SP.

Fonte de variação	Produtividade de grãos			Teor de proteína no grão		
	2011	2012	2013	2011	2012	2013
	Probabilidade (<i>P>F</i>)					
Época (E)	<0,001	<0,001	<0,001	0,697	<0,001	0,015
Cultivar (C)	<0,001	<0,001	<0,001	0,905	<0,001	<0,001
Interação E x C	<0,001	<0,001	0,115	0,389	<0,001	0,005
CV _{parcela} (%)	12,1	15,3	15,2	12,2	15,3	14,9
CV _{subparcela} (%)	18,8	20,6	15,1	14,3	14,7	10,0

Em 2012, o atraso na época de semeadura também reduziu drasticamente a PG de todas as cultivares de feijão-caupi estudadas (Tabelas 23). Contudo, mesmo nas épocas mais antecipadas, as produtividades foram baixas se comparada com aquelas obtidas nos demais anos. O excesso de chuvas próximo à colheita das três primeiras épocas de semeadura, em 2012, pode ter influenciado nos menores valores de MG, M100G e PG obtidos (Figura 1B e Tabelas 20, 21 e 23). A fase compreendida entre a maturidade fisiológica e a colheita pode ser considerada como um período de armazenamento em campo, durante o qual as condições climáticas raramente são favoráveis, fazendo com que se inicie o processo de deterioração das sementes. Segundo Sedyama et al. (1981), a colheita das sementes deve ser feita de preferência logo após a maturidade fisiológica. Entretanto, nem sempre essa exigência pode ser satisfeita, principalmente se a colheita coincidir com períodos chuvosos, que podem causar danos

irreparáveis à qualidade das sementes, influenciando a MGP, M100G, PG, capacidade germinativa e o seu valor comercial.

Tabela 23. Produtividade de grãos (kg ha⁻¹) de cultivares de feijão-caupi em função de épocas de semeadura, nos anos de 2011, 2012 e 2013. Botucatu-SP. ⁽¹⁾

Cultivar	Época de semeadura						Média
	1 ^a fev.	2 ^a fev.	1 ^a mar.	2 ^a mar.	1 ^a abr.	2 ^a abr.	
<u>2011</u>							
BRS Cauamé	-	-	1.219aA	364aB	187aC	-	590
BRS Guariba	-	-	856bA	378aB	163aC	-	465
BRS Itaim	-	-	890bA	263aB	86aC	-	413
BRS Novaera	-	-	1.406aA	314aB	178aB	-	633
BRS Tumuc.	-	-	1.321aA	409aB	153aC	-	628
Média	-	-	1.138	346	153	-	
<u>2012</u>							
BRS Cauamé	881abA	752aA	540bB	102bcC	101abC	76aC	408
BRS Guariba	876bA	750aA	751aA	168bB	121abB	91aB	459
BRS Novaera	753bcA	435cB	252cC	0cD	0bD	0aD	240
BRS Potengi	1.024aA	645abB	495bB	114bcC	150aC	56aC	414
BRS Xiquex.	660cA	513bcAB	454bBC	319aC	134abD	87aD	361
Média	839	619	498	140	101	62	
<u>2013</u>							
BRS Cauamé	2.415	1.700	1.229	140	-	-	1.371ab
BRS Guariba	2.300	1.543	913	81	-	-	1.209b
BRS Novaera	2.746	2.007	1.397	83	-	-	1.558a
BRS Potengi	2.522	1.859	1.124	181	-	-	1.421a
BRS Tumuc.	2.080	1.597	872	169	-	-	1.179b
Média	2.413A	1.742B	1.107C	131D	-	-	

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Visto que o feijão-caupi é uma planta tolerante à seca, especialmente após o florescimento (BERTINI et al., 2009), e, que no ano de 2013 houve boa distribuição de chuvas durante o período de condução do experimento, constata-se que as menores temperaturas foram o fator limitante a PG, com o atraso da época de semeadura nos três anos de estudo (Figura 1B e Tabela 23). Portes et al. (1996) afirmaram que baixas temperaturas após a semeadura, podem impedir, reduzir ou atrasar a germinação das sementes e a emergência das plântulas, podendo resultar em baixas populações de plantas, e durante o crescimento vegetativo, reduzir a altura da planta e o crescimento dos ramos, conduzindo à produção de um pequeno NVP; acarretando em baixas produtividades, estes

relatos foram observados neste estudo, especialmente para o CRP (Tabelas 7 e 9), o NRL (Tabelas 13 e 14), NVP (Tabelas 13 e 15) e PG (Tabelas 22 e 23), que foram reduzidos a medida que se prolongou a época de semeadura, coincidindo com menores temperaturas.

Em 2013, a primeira época de semeadura proporcionou maior PG, diferindo das demais épocas (Tabela 23). Entre as cultivares, as mais produtivas, na média das épocas, foram a BRS Novaera e a BRS Potengi (Tabela 23). A distribuição regular de chuva nos meses de fevereiro, março e abril, assim como, as temperaturas mais elevadas (Figura 1C), favoreceram o desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, os maiores valores para PG, obtidos em 2013.

Comparando-se a PG e as características morfológicas avaliadas, observa-se a diferença significativa das cultivares em cada época, demonstrando a variabilidade existente entre dos genótipos em função do ambiente. Esses dados corroboram Câmara (1991) e Pelúzio et al. (2006), os quais observaram que em plantas de soja a época de semeadura afetou a produtividade, arquitetura e o desenvolvimento das plantas (Tabela 23).

O teor de proteína bruta nos grãos (TPG) não foi afetado pelos fatores estudados no ano de 2011, porém foi afetado por todos os fatores e pela interação entre eles nos demais anos (Tabela 22). Em 2012, a segunda e terceira épocas de semeadura proporcionaram maiores TPG (Tabela 24). Nas três primeiras épocas de semeadura, não houve diferenças entre as cultivares, já nas épocas mais tardias os maiores valores de TPG foram observados nos grãos da cultivar BRS Xiquexique.

Em 2013, para as cultivares BRS Cauamé, BRS Guariba e BRS Novaera, os maiores valores de TPG foram obtidas na terceira época de semeadura (1^a quinzena de março) (Tabela 24). O TPG das cultivares BRS Potengi e BRS Tumucumaque não teve efeito das épocas de semeadura. De maneira geral, os maiores TPG foram obtidos nas cultivares BRS Cauamé, BRS Potengi e BRS Tumucumaque.

Destaca-se que os valores de TPG obtidos nos anos de 2011 e 2012 foram inferiores aos de 2013 (Tabela 24). Possivelmente as condições de clima mais favoráveis do ano de 2013 favoreceram a obtenção de grãos com maior teor de proteína bruta (Figura 1C). Os valores de TPG encontrados nesta pesquisa variaram de 11,5% a 24,3%, valores semelhantes foram obtidos em cultivares de feijão-caupi desenvolvidas e cultivadas em outras partes do mundo (PREET; PUNIA, 2000; GIAMI et al., 2001).

Lam-Sanchez et al. (1990) avaliaram o TPG de cinco cultivares de feijão-caupi (Espace 1, Espace 6, Espace 8, V-76 e V-245), em Jaboticabal - SP, em três épocas de semeadura (novembro de 1982; abril de 1983 e setembro de 1983) e concluíram que a época de semeadura afetou o tamanho dos grãos, M100G e o TPG. As semeaduras realizadas nos meses de novembro e abril proporcionaram maiores valores de TPG e a média do TPG nas três épocas estudadas foi de 23%.

Tabela 24. Teores de proteína bruta (%) em grãos de cultivares de feijão-caupi em função de épocas de semeadura, nos anos de 2011, 2012 e 2013. Botucatu-SP. ⁽¹⁾

Cultivar	Época de semeadura						Média
	1 ^a fev.	2 ^a fev.	1 ^a mar.	2 ^a mar.	1 ^a abr.	2 ^a abr.	
<u>2011</u>							
BRS Cauamé	-	-	19,4	17,2	15,9	-	17,5a
BRS Guariba	-	-	16,1	17,5	19,2	-	17,7a
BRS Itaim	-	-	19,0	18,1	17,4	-	18,2a
BRS Novaera	-	-	17,8	17,0	16,8	-	17,2a
BRS Tumuc.	-	-	17,4	17,7	17,4	-	17,5a
Média	-	-	17,9A	17,5A	17,4A	-	
<u>2012</u>							
BRS Cauamé	17,8aAB	18,5aA	17,3aAB	13,1cBC	12,1bC	11,5bC	15,3
BRS Guariba	14,8aA	18,3aA	17,9aA	18,1bA	16,1abA	14,7abA	16,6
BRS Novaera	18,7aA	18,0aA	17,2aA	0,0dB	0,0cB	0,0cB	9,0
BRS Potengi	15,4aAB	19,7aA	19,6aA	18,9abA	16,0abAB	11,5bB	16,9
BRS Xiquex.	17,2aBC	20,8aABC	21,5aAB	23,0aA	17,9aBC	16,1aC	19,4
Média	16,5	19,0	19,0	14,6	12,4	10,8	
<u>2013</u>							
BRS Cauamé	18,7abB	22,3aAB	24,3aA	21,0aAB	-	-	21,6
BRS Guariba	17,3bB	17,5bB	23,5aA	19,8aAB	-	-	19,5
BRS Novaera	16,0bB	18,3abB	23,3aA	18,0aB	-	-	18,9
BRS Potengi	20,0abA	21,0abA	23,3aA	20,3aA	-	-	21,1
BRS Tumuc.	22,5aA	22,3aA	20,3aA	21,0aA	-	-	21,5
Média	18,9	20,3	22,9	20,0	-	-	

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

6.2 Experimento II – População de plantas para cultivares de feijão-caupi

As populações de plantas não tiveram influência na fenologia e no ciclo das cultivares de feijão-caupi estudadas. Em 2013, o NDAE foi inferior aos dos demais anos, sendo que as duas cultivares emergiram aos 6 DAE (Tabela 25). Em 2011, a cultivar BRS Novaera atingiu o estágio de florescimento pleno aos 46 DAE, enquanto a BRS Guariba floresceu aos 44 DAE. As cultivar BRS Guariba e BRS Novaera apresentaram ciclo de 125 e 110 dias, respectivamente. No segundo ano, houve diferença média de cinco dias entre as cultivares para o florescimento. A cultivar BRS Guariba foi colhida aos 120 dias e a cultivar BRS Novaera apresentou três florescimentos, com posterior queda das flores, desta forma não houve a formação de vagens e grãos. Em 2013, o NDAF e o NDAM foram, respectivamente, de 55 e 100 dias para a cultivar BRS Guariba e de 49 e 91 dias para a cultivar BRS Novaera.

Tabela 25. Número médio de dias até a emergência, da emergência ao florescimento e da emergência a maturação em cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas em 2011, 2012 e 2013. Botucatu-SP.

Cultivar	Dias até a emergência	Dias até o florescimento	Dias até a maturação
		<u>2011</u>	
BRS Guariba	7	46	125
BRS Novaera	7	44	110
		<u>2012</u>	
BRS Guariba	7	55	120
BRS Novaera	7	60	-
		<u>2013</u>	
BRS Guariba	6	55	100
BRS Novaera	6	49	91

O número de folhas por planta (NFP) e área foliar (AF), no florescimento pleno, foram influenciados apenas pela população inicial de plantas, em 2011 (Tabela 26). Já nos anos de 2012 e 2013, ambas as variáveis foram influenciadas pelos fatores isolados e pela interação entre eles. Em todos os anos e para ambas as cultivares, o aumento da população de plantas reduziu significativamente NFP e, conseqüentemente, a AF das plantas, com os dados sendo ajustados a regressões quadráticas em todos os casos (Figuras 2 e 3). Oliveira (2013), avaliando quatro densidades de plantas (150.000, 200.000, 250.000 e 300.000 plantas ha⁻¹) na cultura do feijão-caupi, também observou a redução da AF, com o aumento da densidade de plantas na fileira; entretanto, em termos de produtividade de grãos, o maior valor (1669 kg ha⁻¹) foi

obtido com a densidade mais elevada (241.000 plantas ha⁻¹), indicando que a redução da área foliar, sob maiores densidades, favoreceu a formação de vagens e grãos.

Tabela 26. Número médio de folhas por planta e área foliar em cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011, 2012 e 2013. Botucatu-SP. ⁽¹⁾

Cultivar	Número de folhas por planta			Área foliar		
	2011	2012	2013	2011	2012	2013
	(no. planta ⁻¹)			(cm ² planta ⁻¹)		
BRS Guariba	6,5a	11,4a	15,2a	585,4a	1045,3a	1644,2a
BRS Novaera	6,2a	10,3b	13,5b	563,2a	936,2b	1297,4b
Fonte de variação	Probabilidade (<i>P</i> > <i>F</i>)					
Cultivar (C)	0,355	0,017	<0,001	0,512	0,005	<0,001
População (P)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Reg. Linear	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Reg. Quadrática	<0,001	<0,001	<0,001	0,004	<0,001	<0,001
Interação C x P	0,513	0,020	0,026	0,329	<0,001	<0,001
CV (%)	17,9	12,7	7,0	18,4	11,4	8,5

⁽¹⁾Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade.

Os resultados demonstraram que à medida que se aumenta o número de plantas na fileira há forte redução do NFP e AF (Figura 2 e 3). Contudo, as cultivares estudadas responderam de maneira diferente ao aumento da população de planta nos anos de 2012 e 2013, sendo que a cultivar BRS Guariba apresentou maior NFP e AF que a cultivar BRS Novaera nas menores populações de plantas (100.000 e 200.000 planta ha⁻¹) e apresentou também maior redução nos valores destas variáveis com o incremento da população de plantas (Figuras 2B, 2C, 3B e 3C). A redução no NFP sob maiores densidades pode ter ocorrido devido ao auto-sombreamento causado pelo maior número de plantas na fileira sob densidades mais elevadas e por diminuição do número de ramificações.

As maiores densidades de planta na fileira aumentam a competição entre plantas por água, nutrientes e luz, influenciando negativamente na formação das folhas, com decréscimos no número e no tamanho das folhas produzidas. Peixoto (1999), avaliando três cultivares de soja em três épocas de semeadura e três densidades de plantas na fileira (10, 20 e 30 plantas m⁻¹), observou que a área foliar da planta de soja diminuiu proporcionalmente com o aumento da densidade de plantas. Os resultados sugerem que a cultivar BRS Guariba, possui maior emissão e crescimento foliar nas menores populações,

mesmo sendo classificada como de porte semiereto, a semelhança da cultivar BRS Novaera.

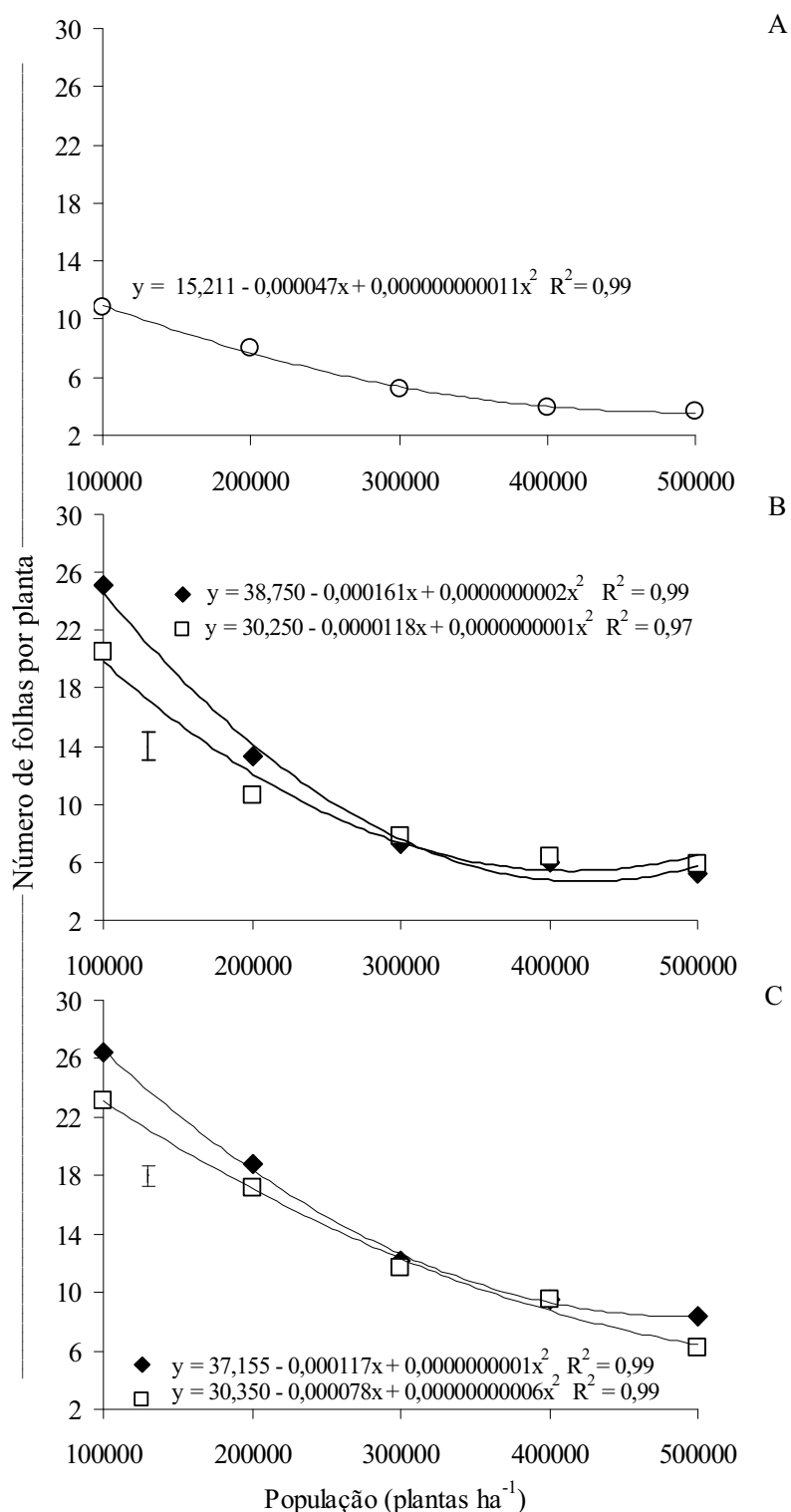


Figura 2. Número de folhas por planta de cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011 (A), 2012 (B) e 2013 (C). Média das cultivares (○); BRS Guariba (◆); BRS Novaera (□). Barra vertical é indicativo do valor de DMS pelo teste t a 5% de probabilidade, para cultivar dentro de cada população de plantas.

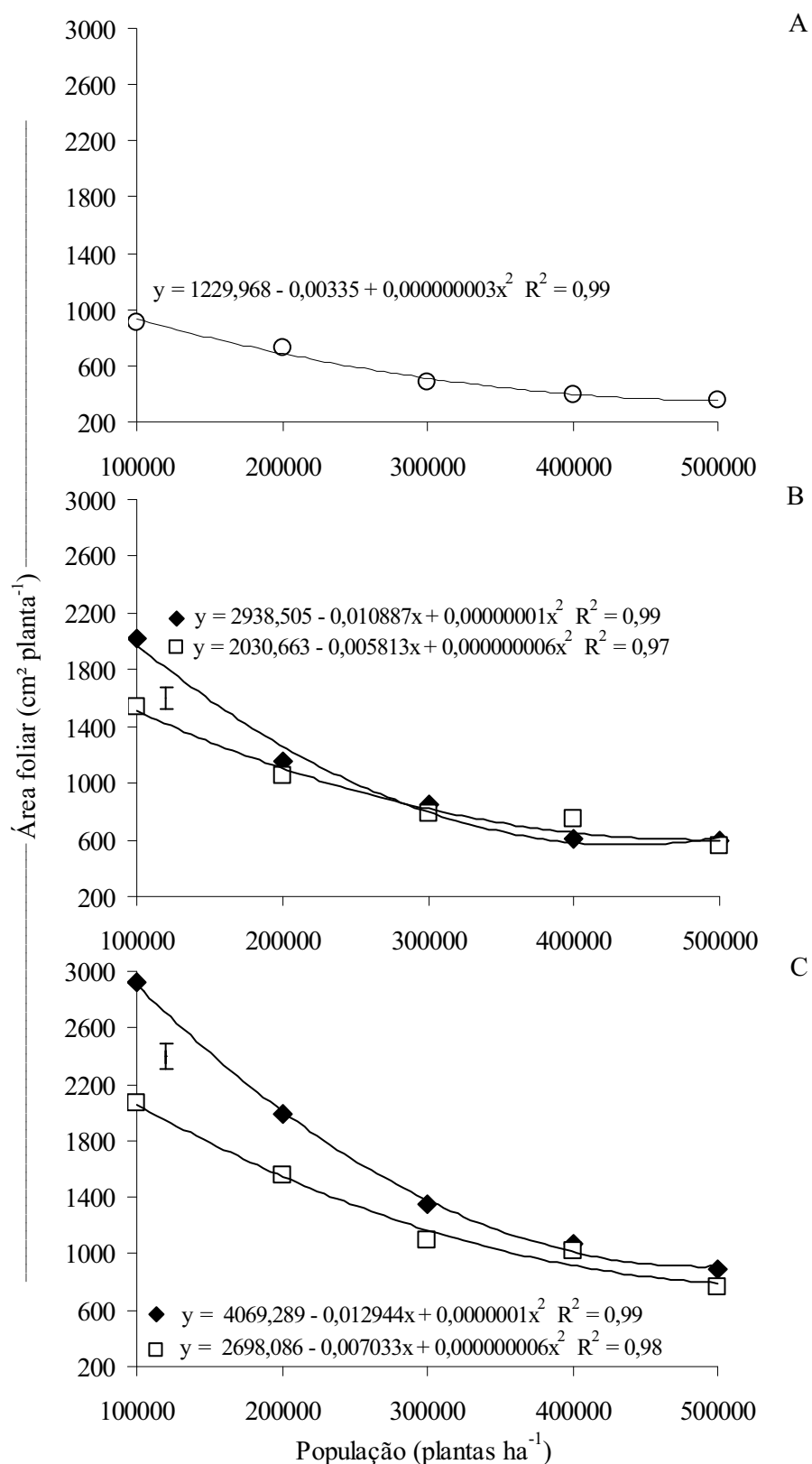


Figura 3. Área foliar por planta de cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011 (A), 2012 (B) e 2013 (C). Média das cultivares (○); BRS Guariba (◆); BRS Novaera (□). Barra vertical é indicativo do valor de DMS pelo teste t a 5% de probabilidade para cultivar dentro de cada população de plantas.

O menor NFP e AF, apresentados em 2011, foi inferior aos demais anos, independente da cultivar avaliada (Figuras 2 e 3). Em 2011, houve menor disponibilidade hídrica, principalmente após o mês de março, e os menores valores para as variáveis citadas podem ser em decorrência dos mecanismos de resistência à seca, que o feijão-caupi apresenta (Figuras 1A, 2 e 3). Estes mecanismos evitam a seca, pela redução da emissão de folhas, da AF e pelo decréscimo na condutância estomática (SUMMERFIELD et al., 1985; ROCHA, 2001). A redução no NFP e AF é uma estratégia de sobrevivência, com o intuito de diminuir a área disponível à transpiração (CORREIA; NOGUEIRA, 2004). Outro fator que também pode ter contribuído ao menor NFP é a maior senescência de folhas. Gonçalves et al. (2001) constataram comportamento diferenciado na aceleração da senescência foliar entre cultivares de feijão-caupi submetidas ao estresse hídrico.

A MSPA foi afetada pelos fatores isolados nos anos de 2011 e 2013, já em 2012 houve interação significativa cultivar e população de plantas (Tabela 27). Em todos os anos, o aumento da população de planta proporcionou redução da MSPA de ambas as cultivares (Figuras 4). Resultados semelhantes foram observados por Arf et al. (1996), sobre o comportamento do feijoeiro-comum em diferentes densidades de plantas (8, 12 e 16 plantas m⁻¹). Os autores verificaram que o aumento do número de plantas na linha ocasionou redução na produção de MSPA; entretanto, a produtividade foi aumentada, sendo o maior valor encontrado na maior densidade plantas. Makoi et al. (2009) avaliaram na África do Sul, o desempenho de cinco genótipos de feijão-caupi em duas densidades de plantas (83.333 e 166.667 plantas ha⁻¹), e os menores valores de MSPA foram observados na maior população, para todos os genótipos avaliados.

Em 2011, as plantas apresentaram menor MSPA, provavelmente em decorrência da menor disponibilidade hídrica observada naquele ano (Figuras 1A e 4A). O suprimento adequado de água para a cultura é um dos principais fatores para garantir uma boa produção de biomassa, uma vez que escassez de água afeta diretamente o desenvolvimento das folhas e a fotossíntese (FREIRE FILHO et al., 2005).

Tabela 27. Massa de matéria seca da parte aérea de plantas e razão de área foliar em cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011, 2012 e 2013. Botucatu-SP. ⁽¹⁾

Cultivar	Matéria seca da parte aérea			Razão de área foliar		
	2011	2012	2013	2011	2012	2013
	————— (g planta ⁻¹) —————			————— (cm ² g ⁻¹) —————		
BRS Guariba	6,23a	18,16a	20,24a	92,63b	56,41b	81,70a
BRS Novaera	5,45b	14,65b	17,35b	103,72a	62,09a	79,20a
Fonte de variação	————— Probabilidade (<i>P</i> > <i>F</i>) —————					
Cultivar (C)	0,010	<0,001	0,036	0,002	<0,001	0,636
População (P)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,604
Reg. Linear	<0,001	<0,001	<0,001	0,289	<0,001	0,683
Reg. Quadrática	0,018	<0,001	<0,001	0,012	0,013	0,294
Interação C x P	0,249	<0,001	0,418	0,361	<0,001	0,856
CV (%)	15,3	15,2	21,9	10,2	6,9	20,5

⁽¹⁾Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade.

Em 2011, a cultivar BRS Guariba apresentou maior MSPA, independentemente da população de plantas (Tabela 27). Mediante o desdobramento da interação significativa do ano de 2012, verifica-se que sob menores populações de plantas a cultivar BRS Guariba superou a BRS Novaera (Figura 4B), confirmando o que já havia sido observado para as variáveis NFP e AF (Figura 2B e 3B).

A razão de área foliar (RAF) foi afetada pela cultivar e população em 2011, porém não houve interação entre os fatores, já em 2012 houve interação entre os fatores estudados (Tabela 27). Em 2013, não houve efeito dos fatores estudados sobre a RAF.

A RAF se refere à AF útil para a fotossíntese, sendo a razão entre a área responsável pela interceptação de energia luminosa e CO₂ e a fitomassa seca total, que é o resultado da fotossíntese, ou seja, é a AF responsável pela produção de 1,0 g de matéria seca vegetal (BENINCASA, 2003). De acordo com Rodrigues (1990), a RAF é a medida da dimensão relativa do aparelho assimilador, servindo como parâmetro apropriado para as avaliações do efeito do manejo de comunidades vegetais. No primeiro ano, a cultivar BRS Novaera apresentou maior valor de RAF, independentemente da população de plantas utilizada (Tabela 27). Desdobrando-se a interação significativa no ano de 2012, verifica-se que a cultivar BRS Novaera também apresentou maiores valores de RAF, porém, apenas na maior população de plantas (Figura 5). Assim, a cultivar BRS Novaera, além de ter apresentado menor NFP, AF e MSPA, apresentou maior RAF, ou seja, maior AF por unidade de MSPA produzida.

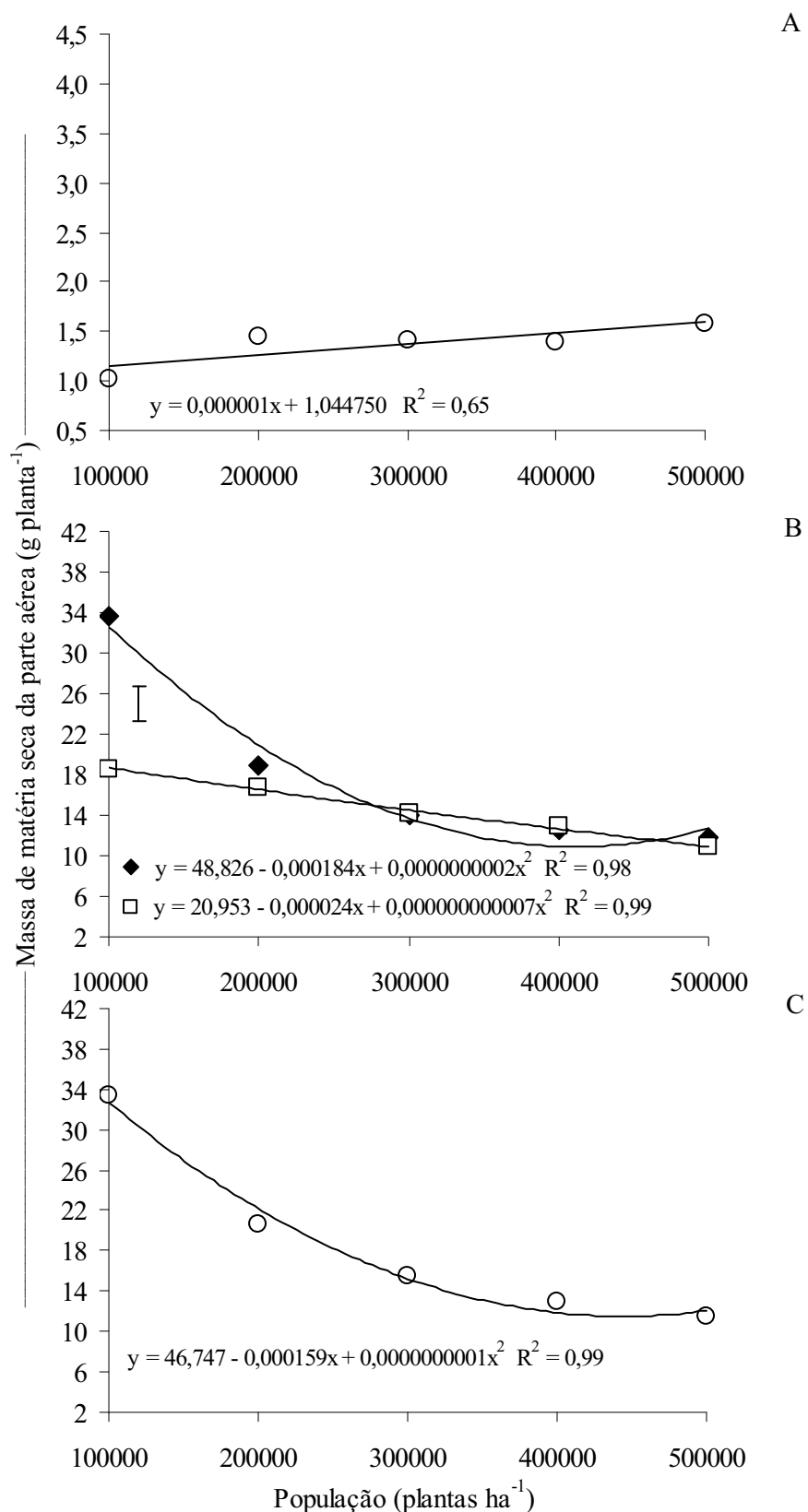


Figura 4. Massa de matéria seca de plantas de cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011 (A), 2012 (B) e 2013 (C). Média das cultivares (○); BRS Guariba (◆); BRS Novaera (□). Barra vertical é indicativo do valor de DMS pelo teste t a 5% de probabilidade para cultivar dentro de cada população de plantas.

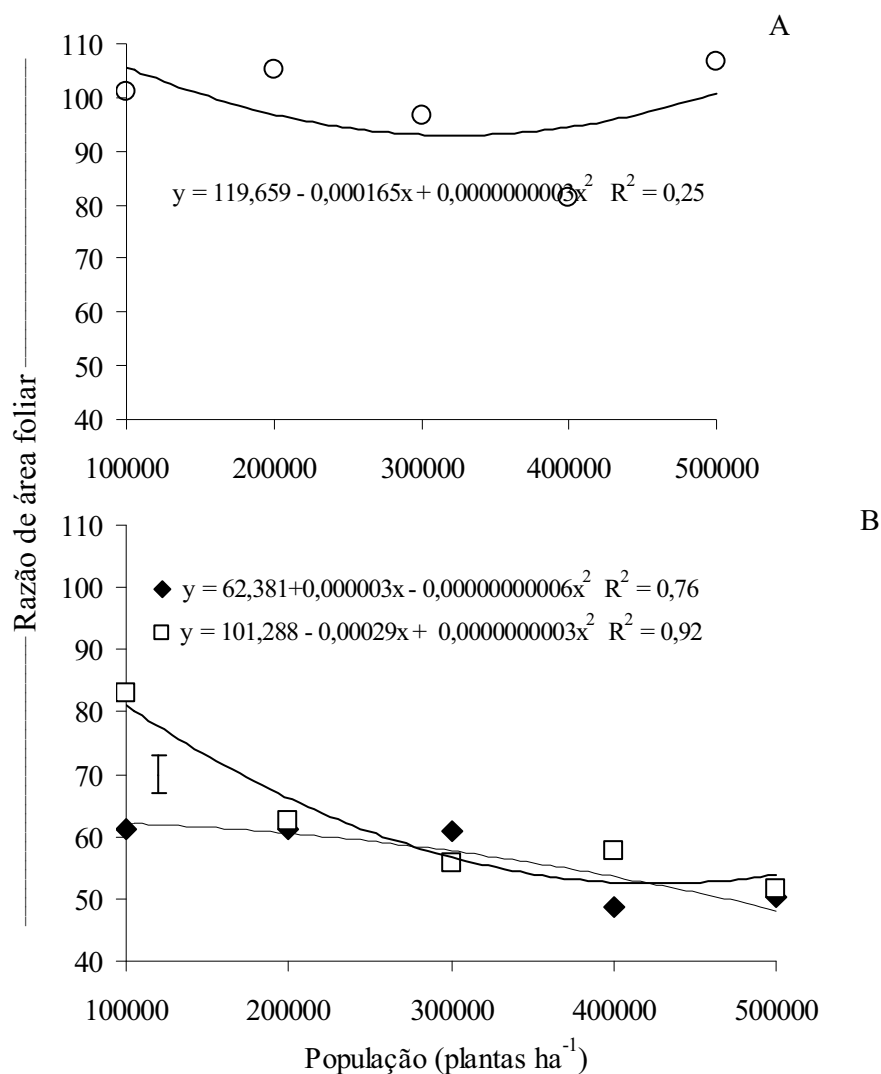


Figura 5. Razão de área foliar em plantas de cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011 (A) e 2012 (B). BRS Guariba (◆); BRS Novaera (□). Barra vertical é indicativo do valor de DMS pelo teste t a 5% de probabilidade para cultivar dentro de cada população de plantas.

O índice de área foliar (IAF) foi influenciado apenas pela população inicial de plantas em 2011 (Tabela 28). Porém, em 2012 e 2013 foi afetado pela cultivar e pela população de plantas e também pela interação destes fatores. Os primeiros efeitos da densidade populacional ocorrem no índice de área foliar (IAF), que interfere na interceptação da luz afetando diretamente na taxa fotossintética. O auto sombreamento provoca decréscimo na taxa fotossintética em função do aumento do IAF (OLIVEIRA, 2013).

De modo geral, apesar de ter reduzido a AF de cada planta (Figura 3), o aumento na população de plantas incrementou o IAF em todos os anos e cultivares (Figura 6), com incrementos mais expressivos sendo observados no ano de 2013. Apesar da interação significativa nos anos de 2012 e 2013, também houve incremento linear do IAF em função do aumento da população inicial de plantas, independentemente da cultivar utilizada (Figuras 6B e 6C). Em ambos os anos, a cultivar BRS Guariba, apresentou maior IAF que a BRS Novaera nas menores populações de plantas, o que está relacionada com os maiores valores de NFP e AF apresentados por esta cultivar (Figuras 2B, 2C, 3B e 3C). Assim como neste estudo, Carvalho e al. (2000b) avaliaram o desenvolvimento de quatro cultivares de feijão-caupi em duas populações de plantas (41.666 e 125.000 plantas ha⁻¹), e observaram que o IAF apresentou grande variação entre as cultivares, porém aumentou em todas na maior população de plantas.

Tabela 28. Índice de área foliar e população final de plantas em cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011, 2012 e 2013. Botucatu-SP. ⁽¹⁾

Cultivar	Índice de área foliar			População final de plantas		
	2011	2012	2013	2011	2012	2013
	(plantas ha ⁻¹)					
BRS Guariba	1,41a	2,38a	3,61a	281.177a	286.903a	273.816a
BRS Novaera	1,34a	2,22b	3,09b	277.987a	278.370a	283.388a
Fontes de variação	Probabilidade (<i>P</i> > <i>F</i>)					
Cultivar (C)	0,392	0,023	<0,001	0,089	0,186	0,068
População (P)	0,003	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Reg. Linear	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Reg. Quadrática	0,190	0,492	0,003	<0,001	0,585	0,132
Interação C x P	0,288	<0,001	0,041	<0,001	0,071	0,285
CV (%)	19,1	9,3	8,8	2,1	7,0	5,7

⁽¹⁾Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade.

O IAF é ótimo para a produção quando a radiação fotossinteticamente ativa é absorvida tão completamente quanto possível, durante sua passagem através do dossel de folhas (LARCHER, 2004). De acordo com Lawlaor (1987), os valores do IAF em ecossistemas agrícolas produtivos, situam-se na faixa de 3 a 5. Já Kerbauy (2008), afirma que o IAF ótimo para determinada população de plantas, depende do ângulo de inserção das folhas em relação ao caule, sendo também influenciado pelo tamanho e forma das folhas. Segundo o autor, dosséis com folhas tipicamente horizontais,

apresentam IAF ótimo em torno de 2. Com exceção de 2011, os demais anos avaliados neste estudo, apresentaram valores semelhantes aos preconizados por Kerbauy (2008), considerando que as plantas de feijão-caupi apresentam ângulo de inserção das folhas na horizontal, em relação ao caule.

Os elevados IAF, nas altas densidades de plantas indicam que uma grande quantidade de luz foi interceptada pelas folhas superiores. De acordo com Matteucci e Carvalho (1988), essa interceptação diminuiu a quantidade e também a qualidade da luz para as folhas interiores, que pode comprometer a eficiência fotossintética da planta.

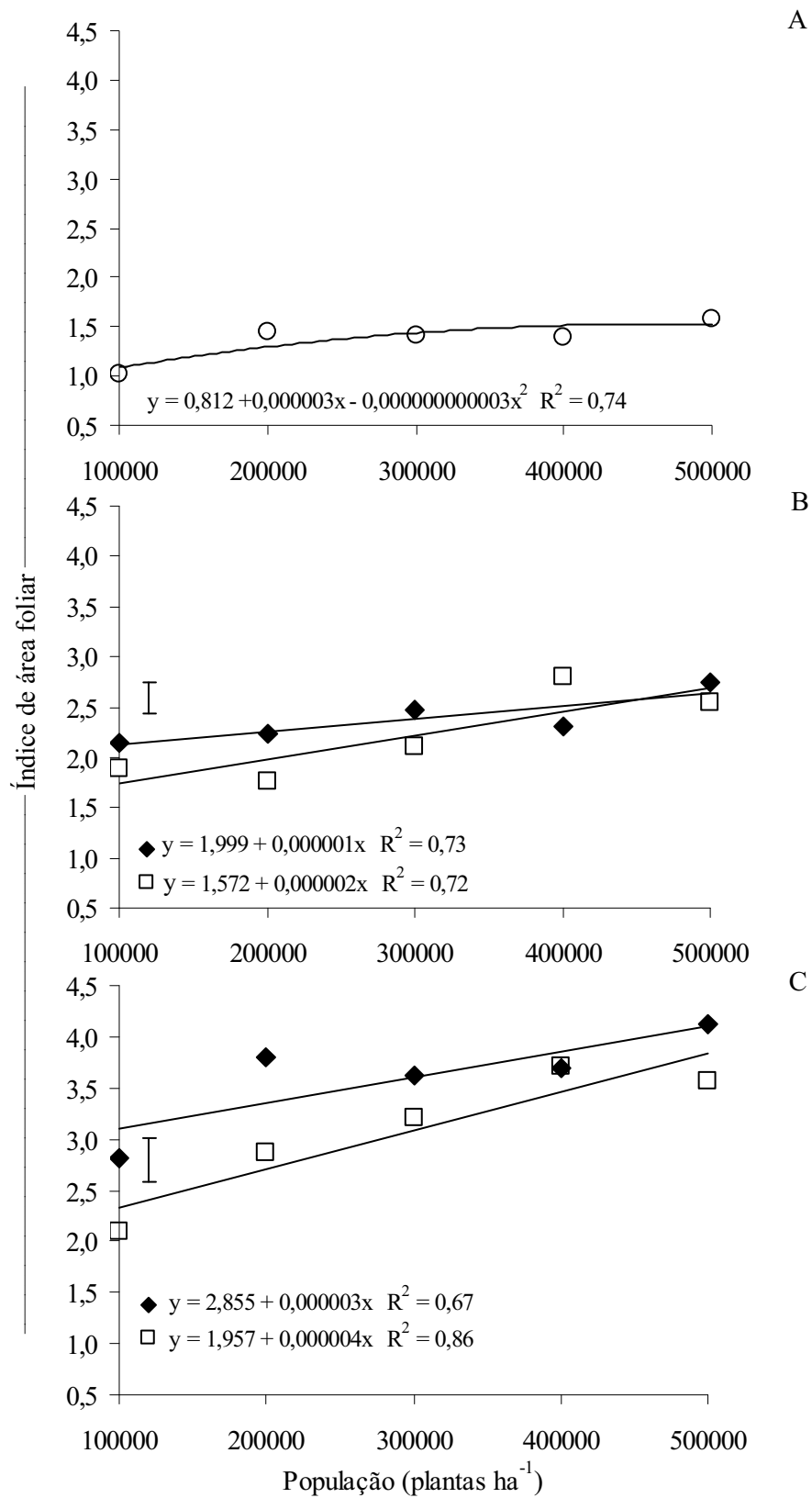


Figura 6. Índice de área foliar de cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011 (A), 2012 (B) e 2013 (C). Média das cultivares (○); BRS Guariba (◆); BRS Novaera (□). Barra vertical é indicativo do valor de DMS pelo teste t a 5% de probabilidade para cultivar dentro de cada população de plantas.

Não há informações disponíveis sobre o IAF ótimo para o feijão-caupi (CARVALHO et al. 2000b), porém, os autores: Carvalho et al. (2000b), Freire Filho (2005), Oliveira (2013), Bastos et al. (2002) e Ramos (2011), encontraram valores máximo de IAF variando de 2,6 a 4,9.

Apesar de no ano de 2011 ter havido interação estatisticamente significativa dos fatores cultivar e população de plantas para a variável PFP, de maneira geral, apenas os efeito da população final de plantas foram expressivos (Tabela 28 e Figura 7). O aumento da população inicial de planta incrementou a população final de plantas, com os dados ajustando-se a regressões lineares, em todos os anos de estudo. Nos três anos agrícolas, os tratamentos de maiores densidades promoveram PFP proporcionalmente menores, quando comparadas com as populações estabelecidas na fase inicial, independente da cultivar utilizada, ou seja, nos tratamentos mais adensados a percentagem de sobrevivência das plantas foi menor do que naqueles com menores populações. Tourino et al. (2002) observaram que o aumento na densidade de plantas na fileira reduziu a percentagem de sobrevivência das plantas de soja. Esses resultados são explicados pelo aumento da competição intra-específica por água, luz e nutrientes, fazendo com que as plantas “dominadas” acabem morrendo durante o ciclo da cultura.

O CRP foi afetado pelos fatores isolados, em todos os anos, e também pela interação dos fatores, no ano de 2012 (Tabela 29). Nos três anos de estudo foram observados maiores valores de CRP na cultivar BRS Guariba, o que demonstra que esta é uma característica genética da cultivar. Para as duas cultivares, os maiores valores para CRP observados em 2012 e 2013, em comparação com o primeiro ano, provavelmente foram devidos à melhor disponibilidade hídrica ao longo do ciclo (Tabela 29 e Figura 1).

Independentemente de ter havido interação significativa da cultivar e população de plantas no ano de 2012 (Tabela 29 e Figura 8B), em todos os anos e cultivares o aumento da população de planta promoveu aumentos lineares no CRP (Figura 8). O que foi devido ao estiolamento das plantas pela competição por luz nas maiores populações, já que o NNRP foi reduzido linearmente em todos os anos, com o aumento da população de plantas (Figura 8).

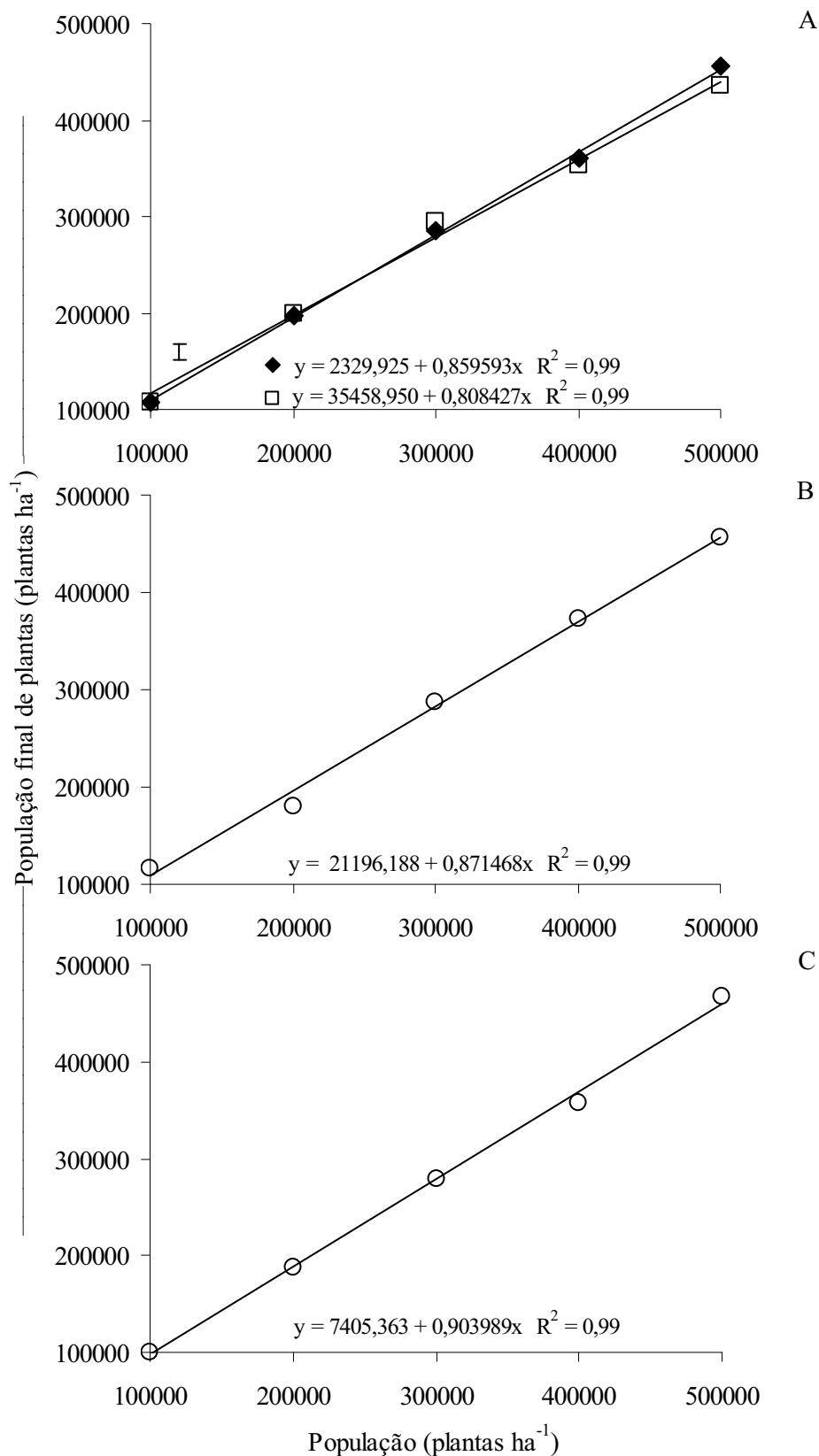


Figura 7. População final de plantas de cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011 (A), 2012 (B) e 2013 (C). Média das cultivares (○); BRS Guariba (◆); BRS Novaera (□). Barra vertical é indicativo do valor de DMS pelo teste t a 5% de probabilidade para cultivar dentro de cada população de plantas.

Tabela 29. Comprimento e número de nós no ramo principal em cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011, 2012 e 2013. Botucatu-SP. ⁽¹⁾

Cultivar	Comprimento do ramo principal			Número de nós no ramo principal		
	2011	2012	2013	2011	2012	2013
	(cm)			(no. planta ⁻¹)		
BRS Guariba	75,0a	113,3a	119,6a	9,8a	11,4a	13,1a
BRS Novaera	53,3b	51,6b	54,8b	8,3b	11,1a	10,2b
Fonte de variação	Probabilidade (<i>P</i> > <i>F</i>)					
Cultivar (C)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,270	<0,001
População (P)	<0,001	<0,001	<0,001	0,143	<0,001	0,139
Reg. Linear	<0,001	<0,001	<0,001	0,013	<0,001	0,024
Reg. Quadrática	0,216	0,718	0,287	0,564	0,189	0,347
Interação C x P	0,637	0,019	0,850	0,760	0,017	0,176
CV (%)	11,7	5,5	8,0	13,9	8,8	7,6

⁽¹⁾Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade.

Em 2011 e 2013, a cultivar BRS Guariba apresentou maiores valores de NNRP, o que pode explicar os maiores valores de CRP também obtidos por esta cultivar (Tabela 29). Já no ano de 2012, a cultivar BRS Guariba apresentou maior NNRP que a cultivar BRS Novaera apenas na menor população de plantas (Figura 9B). Independentemente da cultivar e do ano, o aumento da população de planta reduziu linearmente o NNRP (Figura 9). Esses resultados indicam uma tendência do feijão-caupi em aumentar o comprimento entre nós e o comprimento da haste principal, quando cultivado em maiores densidades. De acordo com Bezerra et al. (2008), o caráter comprimento do caule é uma característica que está diretamente relacionada com a quantidade de pontos para o desenvolvimento de gemas reprodutivas, tendo grande importância nos cultivos mais adensados, pois a maioria das gemas reprodutivas ocorre no ramo principal, face a grande redução imposta no número de ramos laterais em resposta ao adensamento de plantas.

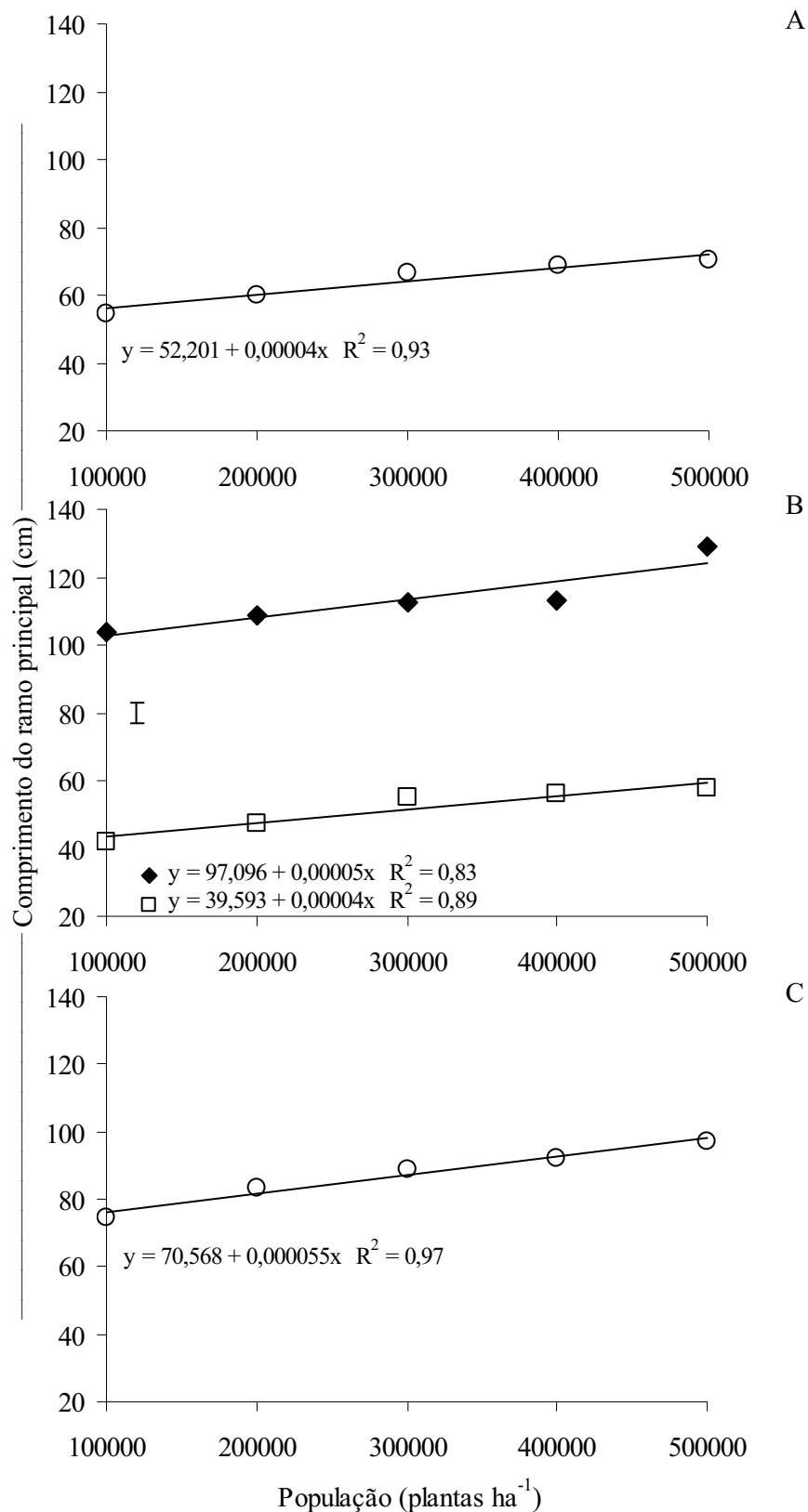


Figura 8. Comprimento do ramo principal das plantas de cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011 (A), 2012 (B) e 2013 (C). Média das cultivares (○); BRS Guariba (◆); BRS Novaera (□). Barra vertical é indicativo do valor de DMS pelo teste t a 5% de probabilidade para cultivar dentro de cada população de plantas.

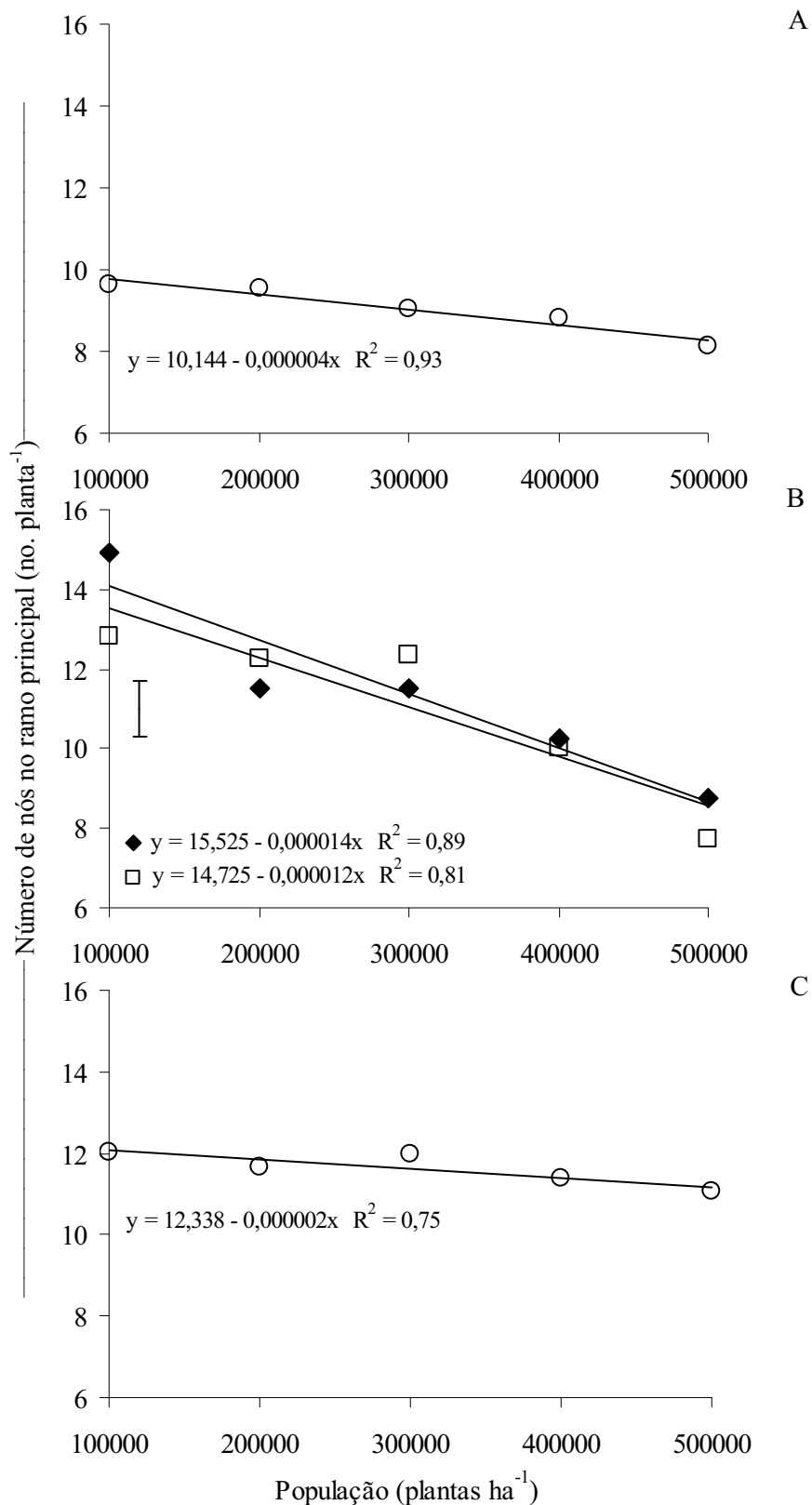


Figura 9. Número de nós no ramo principal das plantas de cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011 (A), 2012 (B) e 2013 (C). Média das cultivares (○); BRS Guariba (◆); BRS Novaera (□). Barra vertical é indicativo do valor de DMS pelo teste t a 5% de probabilidade para cultivar dentro de cada população de plantas.

Houve apenas influência dos fatores isolados para o NRL em todos os anos de estudo (Tabela 30). Independentemente da população de plantas, a cultivar BRS Novaera apresentou maior NRL. Os resultados evidenciam que esta característica está relacionada com características genéticas que determinam o porte da planta, já que a cultivar RBS Novaera apresentou menor MSPA, CRP, NNRP (Tabelas 27 e 29).

Em altas densidades de plantas se estabelece maior competição intra e inter-plantas acentuada, à medida em que a planta avança em seus estádios de desenvolvimento. Desta forma, em altas populações de plantas, o NNRP e NRL diminuem, ocasionando também uma menor produção de folhas, o que proporciona uma redução na produção da MSPA (Figuras 4, 9 e 10).

Tabela 30. Número de ramos laterais e altura de inserção da primeira vagem em cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011, 2012 e 2013. Botucatu-SP. ⁽¹⁾

Cultivar	Número de ramos laterais			Altura de inserção da 1ª vagem		
	2011	2012	2013	2011	2012	2013
	(no. planta ⁻¹)			(cm)		
BRS Guariba	1,4b	3,0b	2,3b	36,7b	29,4	26,3a
BRS Novaera	2,4a	5,3a	2,9a	23,7a	-	15,4b
Fonte de variação	Probabilidade ($P>F$)					
Cultivar (C)	<0,001	<0,001	0,005	<0,001	-	<0,001
População (P)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Reg. Linear	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Reg. Quadrática	0,226	0,374	0,172	0,254	0,269	<0,001
Interação C x P	0,098	0,319	0,172	0,113	-	<0,001
CV (%)	27,1	17,8	26,2	13,0	13,8	18,6

⁽¹⁾Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade.

Em todos os anos de estudo, o aumento da população de plantas reduziu, de forma linear, o NRL (Figura 10). Essa redução no número de ramos laterais para todas as cultivares avaliadas é um comportamento esperado, devido ao nível de competição entre plantas que se estabelece em altas densidades de plantas na fileira e que afeta diretamente a capacidade produtiva das mesmas. Resultados semelhantes foram obtidos por Santos e Araújo (2000), Távora et al. (2001) e Mendes et al. (2005). De acordo com Bezerra et al. (2009), em maiores populações, a competição intraespecífica mais intensa no dossel pode potencializar a dominância apical, em detrimento do desenvolvimento das ramificações laterais. A maior competição intraespecífica das plantas

de feijão-caupi em altas densidades, pelos fatores do ambiente, especialmente luz, podem ter determinado menor número de ramificações. De acordo com Martins et al. (1999), em maiores densidades de plantas, devido ao número excessivo de plantas na linha, ocorre menor disponibilidade de fotoassimilados para o crescimento vegetativo das plantas na forma de ramificações.

Cabe ressaltar que, no ano de 2012, a cultivar BRS Novaera apresentou três florescimentos, com posterior queda das flores, não havendo a formação de vagens e grãos. Dessa forma, para todas as características produtivas, no ano de 2012, foram apresentados apenas os dados da cultivar BRS Guariba, nas cinco populações de plantas.

A AIPV foi influenciada pelos fatores isolados nos três anos e também pela interação entre eles no ano de 2013 (Tabela 30). Em 2011, a cultivar BRS Novaera apresentou a maior AIPV. Nos dois primeiros anos, o aumento da população de plantas incrementou linearmente a AIPV (Figuras 14A e 14B). Em 2013, o aumento da população de plantas incrementou a AIPV nas duas cultivares, porém, na cultivar BRS Guariba o incremento foi muito mais intenso a partir da população de 300.000 plantas ha⁻¹ (Figura 11C). Assim, nas maiores populações de plantas, os valores de AIPV na cultivar BRS Guariba foram muito maiores que na cultivar BRS Novaera. É possível observar que há uma tendência para o aumento da altura de inserção da primeira vagem com o incremento do número de plantas. A observação está de acordo com os resultados alcançados por Alcântara et al. (1991) e Lemos et al. (1993), que obtiveram maior altura de inserção de vagens na maior densidade de plantas. Entretanto, Moura et al. (1977) e Medina (1992) não encontraram efeito da variação na população de plantas sobre a altura da inserção das vagens da cultura do feijão.

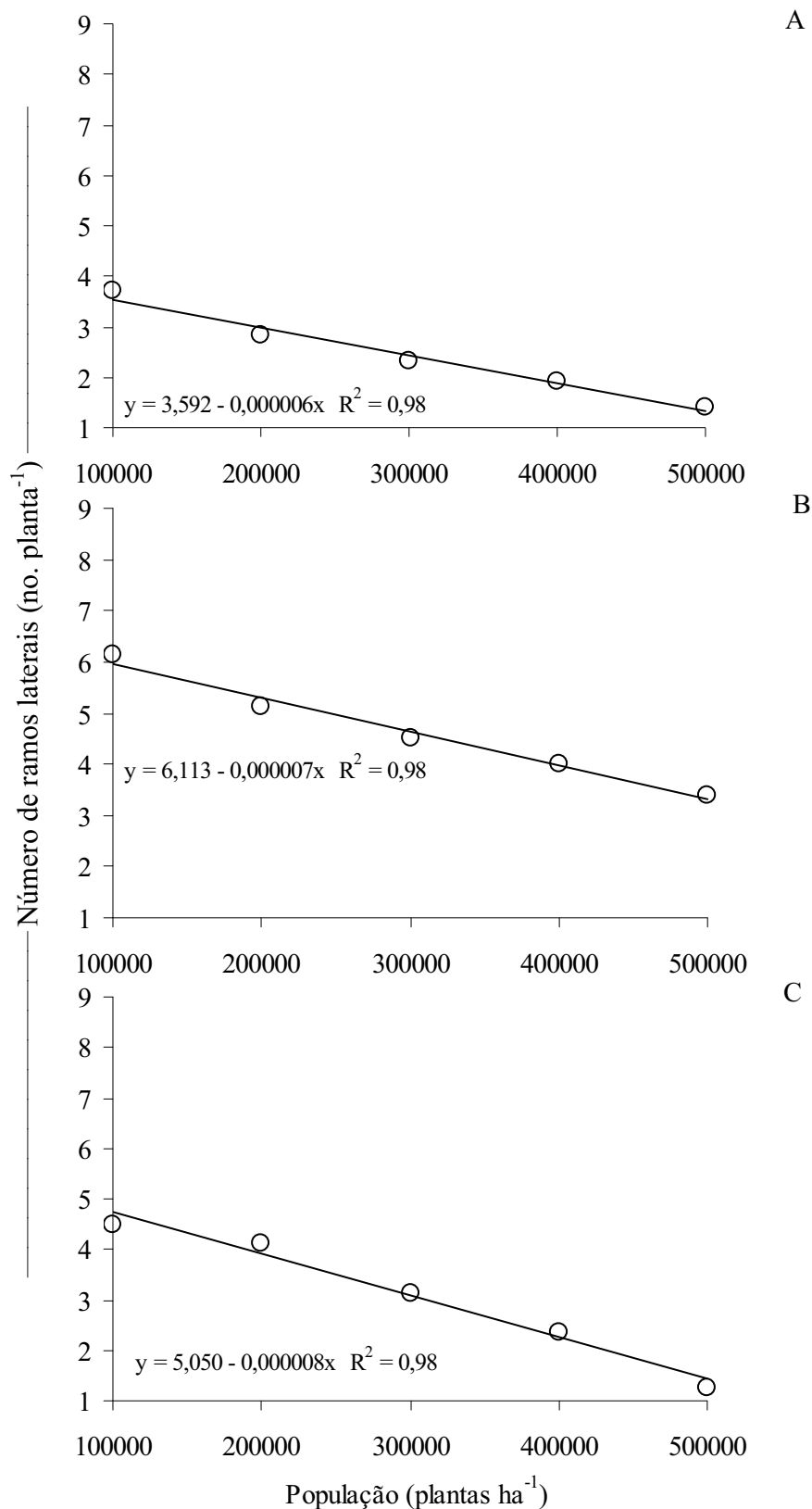


Figura 10. Número de ramos laterais nas plantas de cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011 (A), 2012 (B) e 2013 (C). Médias de duas cultivares. Barra vertical é indicativo do valor de DMS pelo teste t a 5% de probabilidade para cultivar dentro de cada população de plantas.

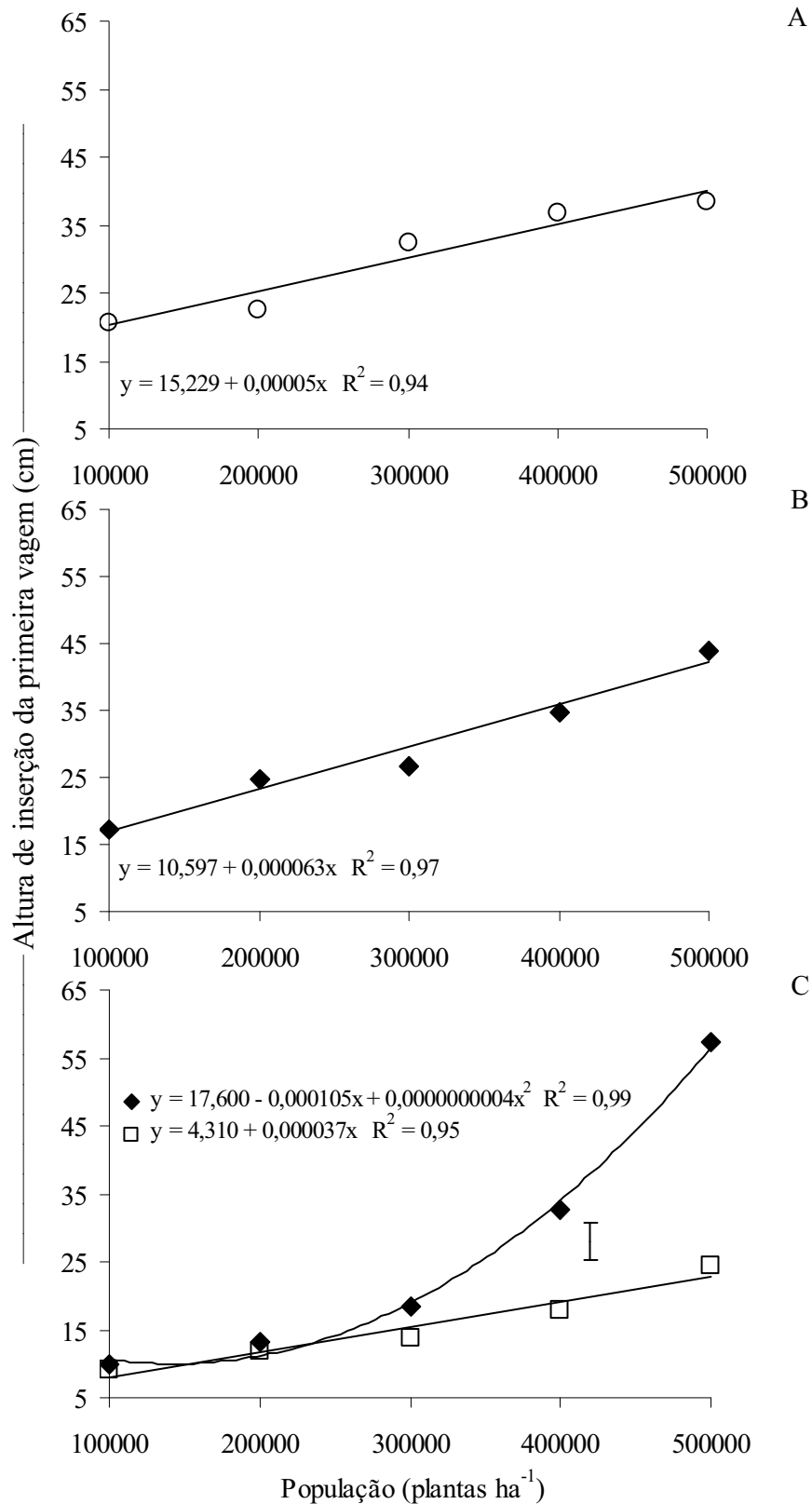


Figura 11. Altura de inserção da primeira vagem em plantas de cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011 (A), 2012 (B) e 2013 (C). Média das cultivares (○); BRS Guariba (◆); BRS Novaera (□). Barra vertical é indicativo do valor de DMS pelo teste t a 5% de probabilidade para cultivar dentro de cada população de plantas.

Em 2011, o NVP foi influenciado pelos fatores estudados e pela interação (Tabela 31). Em 2012, houve efeito significativo da população de plantas para o NVP na cultivar BRS Guariba, já em 2013 houve apenas efeito isolado dos fatores estudados. No ano de 2011, a cultivar BRS Novaera apresentou maiores NVP que a cultivar BRS Guariba nas menores populações de plantas (Figura 12). Contudo, para as duas cultivares, o aumento da população de plantas reduziu o NVP. Nos anos de 2012 e 2013 também houve diminuição no NVP com o aumento da população de plantas (Figuras 12B e 12C). A cultivar BRS Novaera produziu maior NVP em 2013 (Tabela 31). Segundo Peixoto et al. (2000), um dos componentes da produção que contribui para maior tolerância à variação na população é o NVP, que varia com o aumento ou redução da população de plantas.

Tabela 31. Número de vagens por planta e comprimento médio de vagem em cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011, 2012 e 2013. Botucatu-SP. ⁽¹⁾

Cultivar	Número de vagens por planta			Comprimento médio de vagem		
	2011	2012	2013	2011	2012	2013
	(no. planta ⁻¹)			(cm)		
BRS Guariba	3,2b	4,6	5,2b	15,0a	12,5	9,5b
BRS Novaera	4,7a	-	6,4a	12,8b	-	10,2a
Fonte de variação	Probabilidade (<i>P>F</i>)					
Cultivar (C)	<0,001	-	<0,001	<0,001	-	0,005
População (P)	<0,001	<0,001	<0,001	0,003	<0,001	<0,001
Reg. Linear	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Reg. Quadrática	0,011	0,153	<0,998	0,638	0,255	0,072
Interação C x P	0,008	-	0,060	0,139	-	0,080
CV (%)	17,4	13,5	14,0	6,3	7,8	7,5

⁽¹⁾Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade.

Os decréscimos no NVP, na medida em que houve o incremento da população de plantas (Figura 12), estão relacionados ao fato de que nas maiores densidades de semeadura há maior competição por luz e menor disponibilidade de fotoassimilados, fazendo com que a planta diminua o número de ramificações (Figura 10) e produza menor número de nós (Figura 9). Nos nós se desenvolvem as gemas reprodutivas, assim a redução no número de ramificações reduz o número de nós potenciais e, conseqüentemente, o NVP (BORD; SETTIMI, 1986).

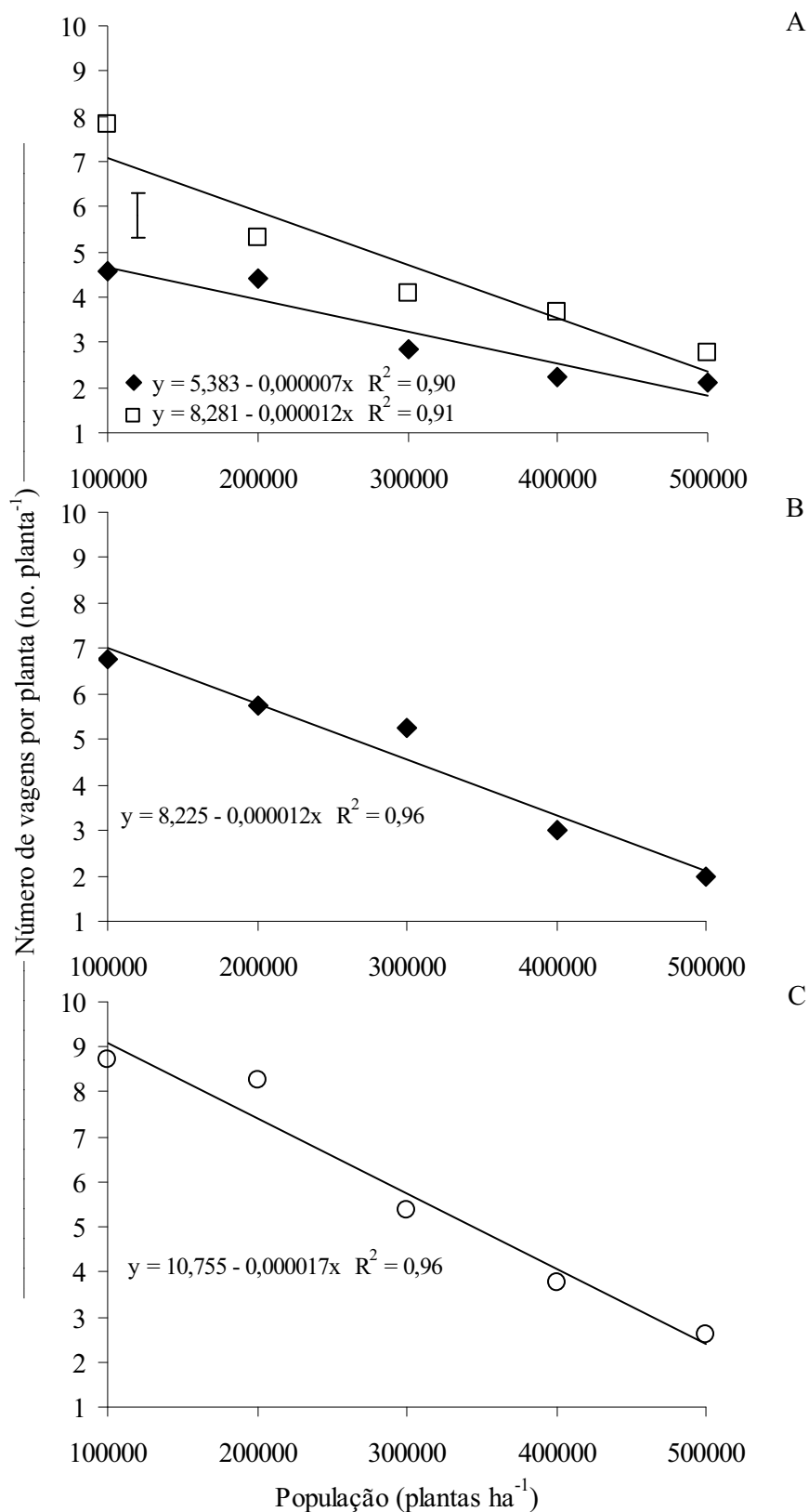


Figura 12. Número de vagens por planta de cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011 (A), 2012 (B) e 2013 (C). Média das cultivares (○); BRS Guariba (◆); BRS Novaera (□). Barra vertical é indicativo do valor de DMS pelo teste t a 5% de probabilidade para cultivar dentro de cada população de plantas.

O aumento da densidade de plantas diminuiu o NRL assim como o NVP, possivelmente a redução no número de ramos acarretou no menor número de vagens (Figuras 9 e 12). Estes resultados concordam com os obtidos por Fontes e Ohlrogge (1972), em trabalhos com soja, e Aguillar (1984) em trabalhos com feijão-comum. Entre os componentes de produção, o NVP é o mais afetado pela população de plantas, observando-se uma relação inversa entre eles. A formação do menor número de vagens nas populações maiores é resultado da concorrência entre plantas (COOLBEAR, 1994).

Quanto ao CMV, em todos os anos de estudo, houve efeito apenas dos fatores isolados (Tabela 31). Em 2011 e 2013, a cultivar BRS Novaera apresentou maiores valores de CMV. Já o incremento na população de plantas na fileira reduziu linearmente o CMV em todos os anos de estudo (Figura 13).

O NGV teve efeito significativo dos fatores isolados, no primeiro ano, da população de plantas, no segundo ano, e da cultivar e da interação entre os fatores, no último ano (Tabela 32). Apesar de ter apresentado vagens com maior comprimento médio (Tabela 31), a cultivar BRS Novaera produziu menor número de grãos por vagem em 2012 e 2013 (Tabela 32 e Figura 14C). O aumento da população de planta reduziu de forma linear o NGV em 2012 (Figuras 14A e 14B). Em 2013, o NGV foi influenciado pela interação entre os fatores estudados, para a BRS Guariba os dados foram ajustados em uma regressão quadrática e para BRS Novaera em uma regressão linear decrescente (Figura 14C).

Houve efeito significativo apenas dos fatores isolados na MGV (Tabela 32). Em 2011, a cultivar BRS Guariba apresentou os maiores valores dessa variável, porém, em 2013 os valores se inverteram e a cultivar com maior MGV foi a BRS Novaera. Em todos os anos, elevação da população de plantas diminuiu linearmente a MGV (Figura 15), indicando que, com o incremento da competição intraespecífica imposta pelo aumento da população de plantas, a quantidade de matéria seca armazenada nos grãos foi reduzida.

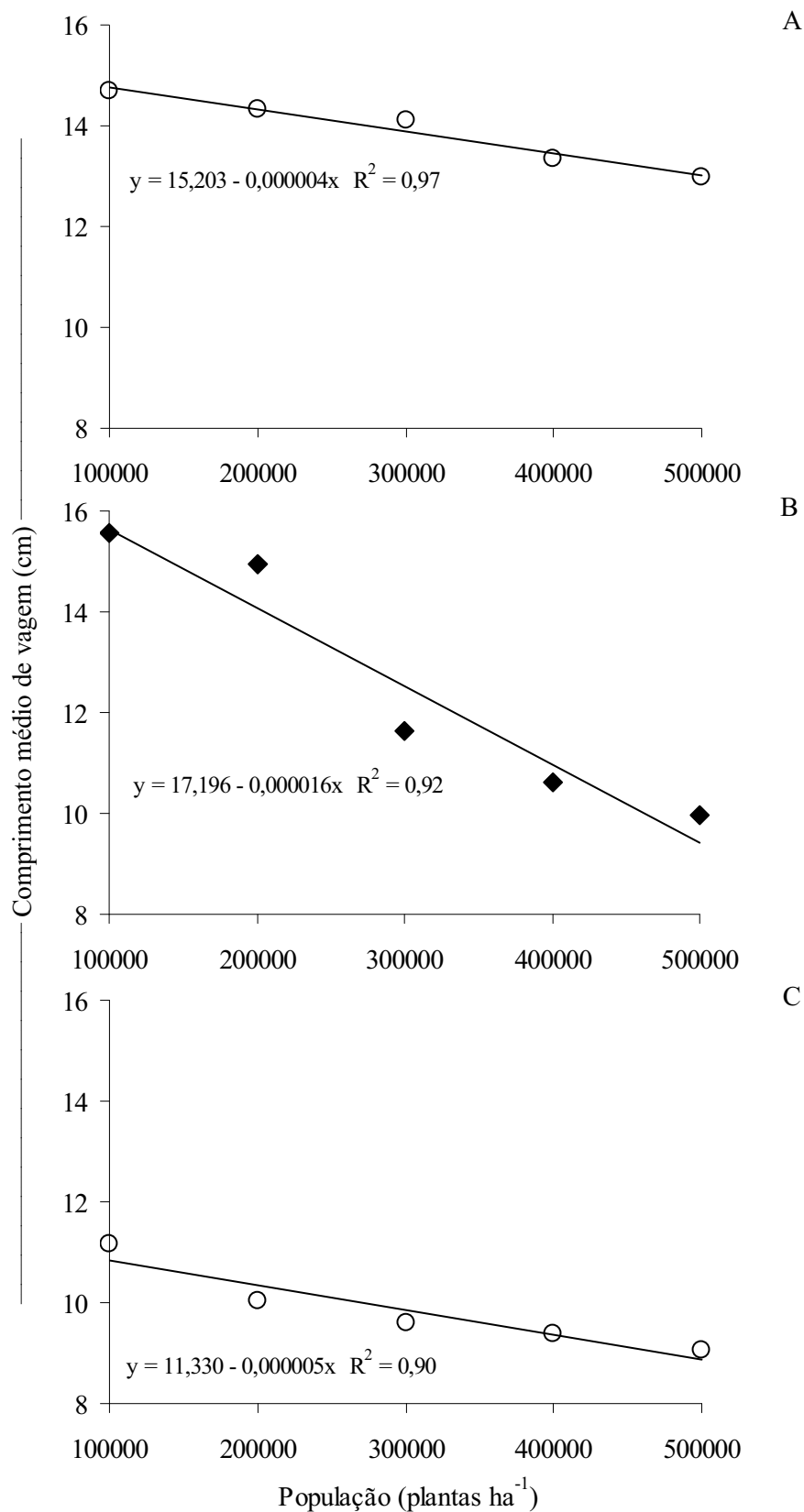


Figura 13. Comprimento médio de vagem das plantas de cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011 (A), 2012 (B) e 2013 (C). Média das cultivares (○); BRS Guariba (◆).

Tabela 32. Número de grãos por vagem e massa de grãos por vagem em cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011, 2012 e 2013. Botucatu-SP. ⁽¹⁾

Cultivar	Número de grãos por vagem			Massa de grãos por vagem		
	2011	2012	2013	2011	2012	2013
	(no. vagem ⁻¹)			(g vagem ⁻¹)		
BRS Guariba	6,4a	5,6	7,0a	0,93a	0,92	0,86b
BRS Novaera	4,0b	-	5,4b	0,65b	-	1,04a
Fonte de variação	Probabilidade (<i>P</i> > <i>F</i>)					
Cultivar (C)	<0,001	-	<0,001	<0,001	-	<0,001
População (P)	0,012	0,008	0,059	<0,001	<0,001	<0,001
Reg. Linear	<0,001	<0,001	0,998	<0,001	<0,001	<0,001
Reg. Quadrática	0,986	0,825	0,007	0,334	0,220	<0,001
Interação C x P	0,148	-	0,007	0,066	-	0,072
CV (%)	12,0	10,7	7,4	19,3	7,91	8,9

⁽¹⁾Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade.

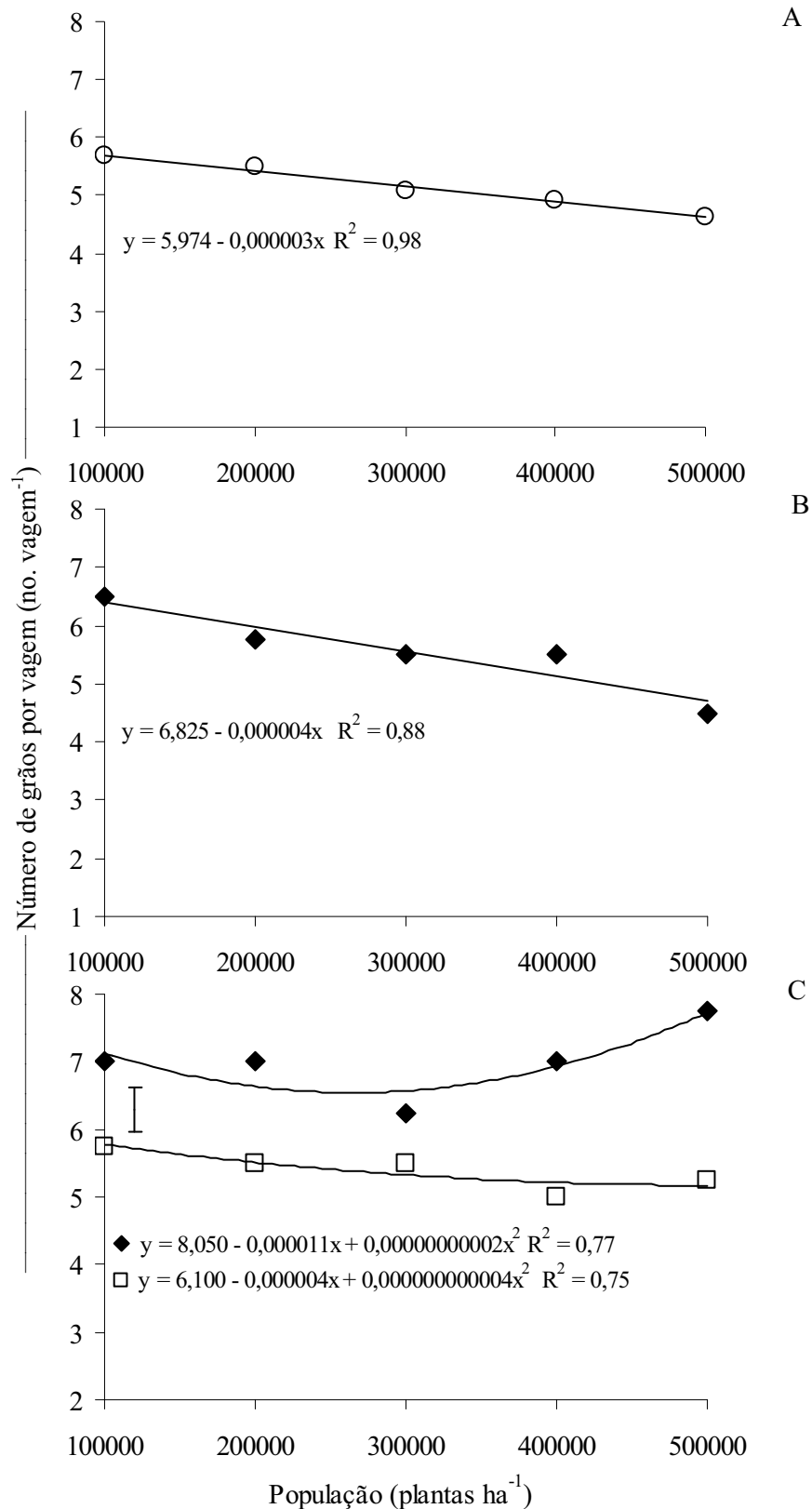


Figura 14. Número de grãos por vagem de cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011 (A), 2012 (B) e 2013 (C). Média das cultivares (○); BRS Guariba (◆); BRS Novaera (□). Barra vertical é indicativo do valor de DMS pelo teste t a 5% de probabilidade para cultivar dentro de cada população de plantas.

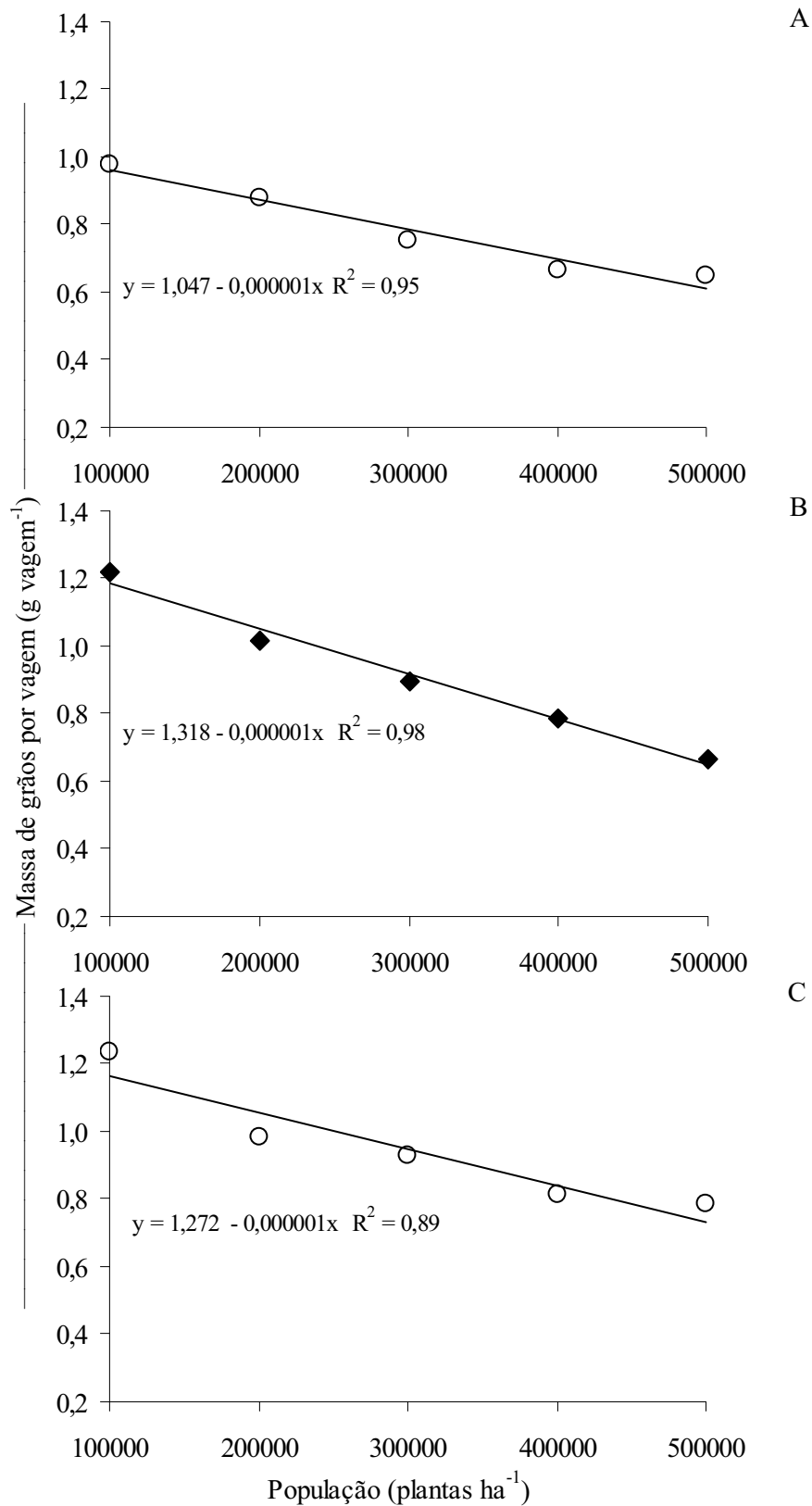


Figura 15. Massa de grãos por vagem de cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011 (A), 2012 (B) e 2013 (C). Média das cultivares (○); BRS Guariba (◆).

Em 2011, a M100G teve efeito isolado dos fatores estudados (Tabela 33). No ano de 2012 houve efeito significativo da população de plantas e em 2013 ambos os fatores, bem como a interação entre eles influenciou a M100G. Nos anos de 2011 e 2013, a cultivar BRS Novaera apresentou maiores valores de M100G que a BRS Guariba, o que explica a maior MG_V mesmo com menor NG_V, especialmente em 2013 (Tabela 32). Nos dois primeiros anos, a M100G foi linearmente reduzida pelo aumento da população de plantas (Figuras 16A e 16B). Contudo, em 2013, apenas a cultivar BRS Guariba teve a M100G reduzida pelo aumento da população de plantas, enquanto os dados da BRS Novaera se ajustaram a uma equação quadrática, com o máximo valor sendo obtido na população estimada de 262.500 plantas ha⁻¹ (Figura 16C). Alguns autores também obtiveram maiores valores para M100G com o aumento da população de plantas (AKANDE; BALOGUN, 2009; ARRUDA et al., 2009). Resultados contrastantes foram relatados por Taha (1988) e Mohamed (2002), segundo os autores M100G não é afetado pela população de plantas.

Tabela 33. Massa de 100 grãos e produtividade de grãos em cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011, 2012 e 2013. Botucatu-SP. ⁽¹⁾

Cultivar	Massa de 100 grãos			Produtividade de grãos		
	2011	2012	2013	2011	2012	2013
	(g)			(kg ha ⁻¹)		
BRS Guariba	14,2b	12,8	13,9b	704a	803	793b
BRS Novaera	16,7a	-	22,2a	722a	-	1.370a
Fonte de variação	Probabilidade (<i>P</i> > <i>F</i>)					
Cultivar (C)	<0,001	-	<0,001	0,593	-	<0,001
População (P)	<0,001	<0,001	0,005	0,002	<0,001	<0,001
Reg. Linear	<0,001	<0,001	<0,001	0,329	<0,001	<0,001
Reg. Quadrática	0,733	0,066	0,623	0,003	<0,001	<0,001
Interação C x P	0,149	-	<0,001	0,658	-	<0,001
CV (%)	9,7	6,4	4,2	15,0	10,0	8,8

⁽¹⁾Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade.

No primeiro ano de estudo, a PG foi influenciada apenas pela população de plantas, não havendo diferença entre as cultivares (Tabela 33). A PG apresentou comportamento quadrático frente ao aumento da população de plantas, com o máximo valor obtido com a população estimada de 306.333 plantas ha⁻¹, apesar dos maiores valores terem sido observados na população de 200.000 plantas ha⁻¹ (Figura 17A).

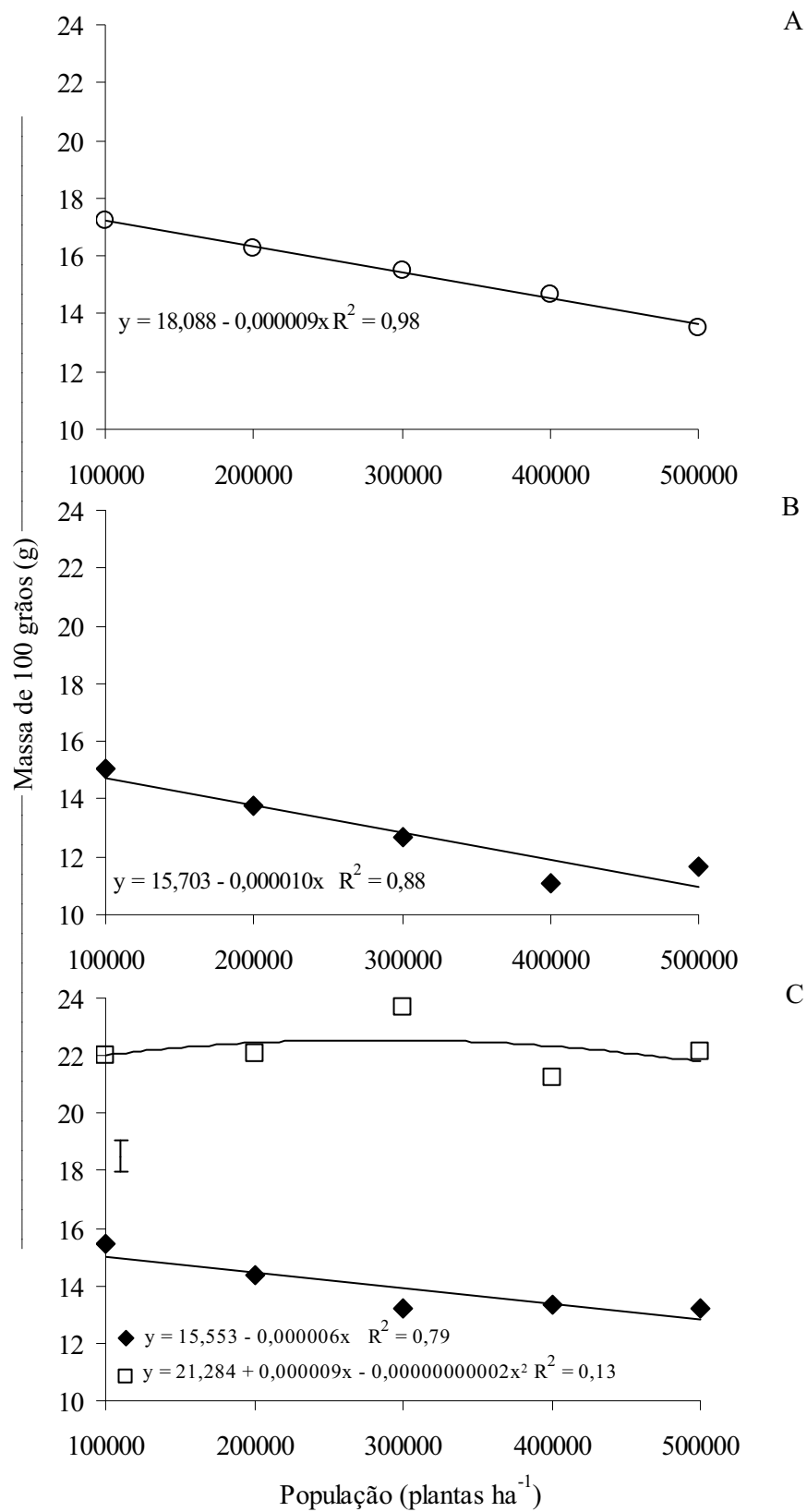


Figura 16. Massa de 100 grãos de cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011 (A), 2012 (B) e 2013 (C). Média das cultivares (○); BRS Guariba (◆); BRS Novaera (□). Barra vertical é indicativo do valor de DMS pelo teste t a 5% de probabilidade para cultivar dentro de cada população de plantas.

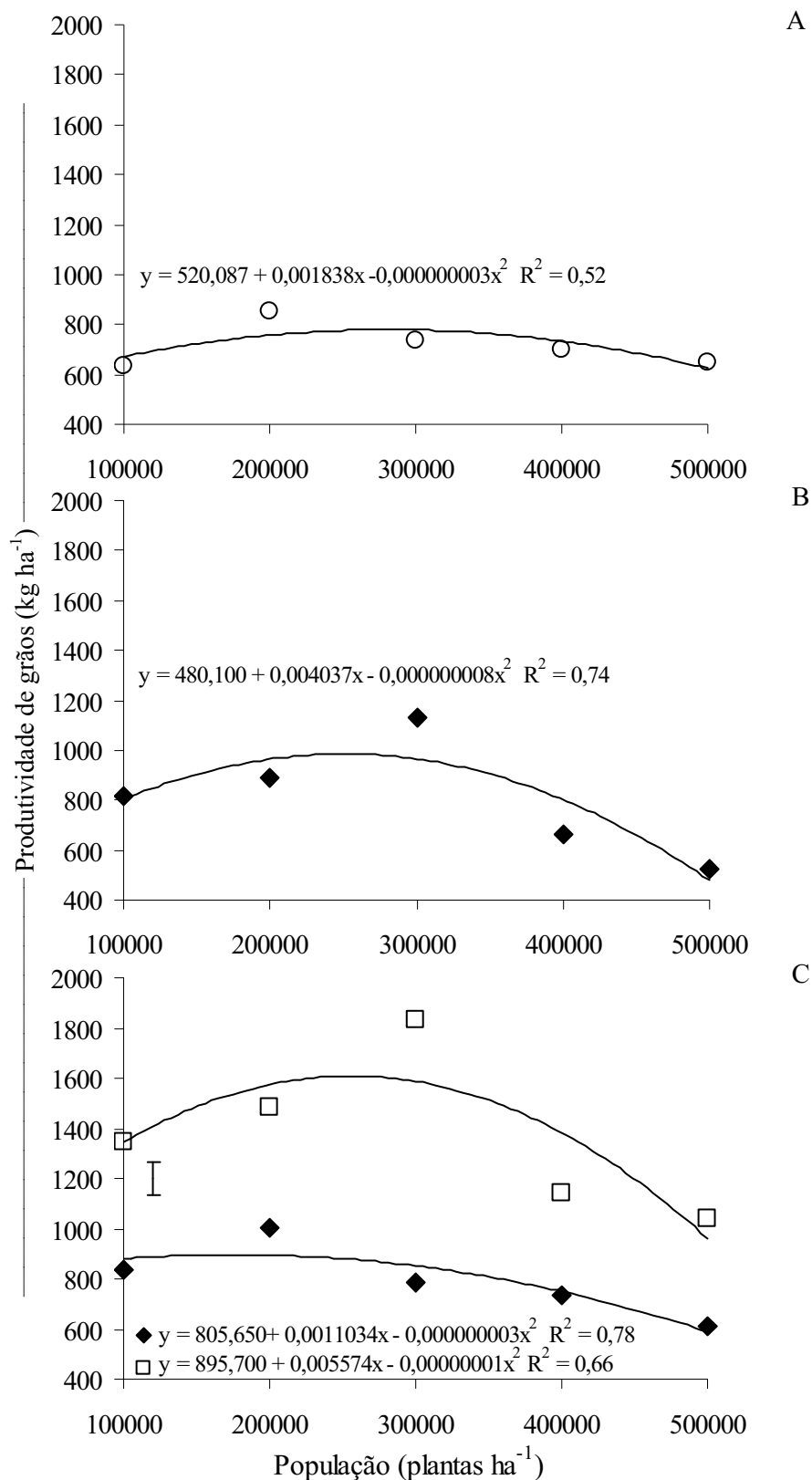


Figura 17. Produtividade de grãos de cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, em 2011 (A), 2012 (B) e 2013 (C). Média das cultivares (○); BRS Guariba (◆); BRS Novaera (□). Barra vertical é indicativo do valor de DMS pelo teste t a 5% de probabilidade para cultivar dentro de cada população de plantas.

No segundo ano, houve efeito significativo da população de plantas na PG da cultivar BRS Guariba, sendo os dados ajustados em uma regressão quadrática (Tabela 33 e Figura 17B). A máxima PG foi obtida na população estimada de 262.500 plantas ha^{-1} . Diferentemente de 2011, em 2012 os maiores valores reais foram observados com a população de 300.000 plantas ha^{-1} .

Em 2013, a PG foi influenciada pelos fatores estudados e pela interação entre eles (Tabela 33). Independentemente da população de plantas, as maiores PG foram obtidas na cultivar BRS Novaera (Tabela 33C). Para ambas as cultivares os dados foram ajustados a regressões quadráticas. A máxima PG da cultivar BRS Guariba foi obtida com a população estimada de 172.333 plantas ha^{-1} e para a cultivar BRS Novaera com a população de 278.700 plantas ha^{-1} .

Nos três anos de estudo, as maiores PG foram obtidas com populações de plantas entre 172.333 e 306.333 plantas ha^{-1} (Figuras 17). Resultados semelhantes foram observado por Bezerra et al. (2008), em estudos com cinco linhagens modernas de porte ereto, em que obtiveram as maiores PG com a população de 300.000 plantas ha^{-1} . O maior número de plantas por hectare não foi suficiente para compensar as reduções no NRL, NVG, NGV, M100g e PG ocasionados com aumento da população de plantas além de 300.000 plantas ha^{-1} .

Resultados similares a esta pesquisa foram obtidos por Bezerra et al. (2008), que obtiveram a produtividade média de 1.836 kg ha^{-1} , na densidade de 300 mil plantas ha^{-1} . Em experimento conduzido no Sudão, Ahmed e Abdelrhim (2010), observaram que o aumento da densidade de plantas de 30 para 120 mil plantas ha^{-1} , aumentou significativamente a PG; no entanto, o NVP e a M100G foram reduzidos com o aumento da população. Santos (2013) avaliou a resposta do feijão-caupi submetido à seis populações de plantas (20, 60, 100, 140, 180 e 220 mil plantas ha^{-1}), sendo que, a máxima PG foi obtida na população de 122,41 mil plantas ha^{-1} . Ceccon et al. (2013), observaram que o aumento da população de plantas proporcionou incremento da produtividade de grãos da cultivar BRS Novaera até a população de 18 plantas m^{-2} .

O TPG foi influenciado apenas pelo fator população de plantas em 2013, sendo que nos anos anteriores não houve efeito significativo dos fatores estudados (Tabela 34). Em 2013, independente da cultivar utilizada, a medida que se aumentou a população de planta houve redução no TPG (Figura 14). A redução no TPG sob maiores

populações de planta pode ter sido devido à maior competição entre as plantas por nutrientes, água e luz, como observado por Ball et al. (2000) para a cultura da soja.

Tabela 34. Teores de proteína bruta no grão de cultivares de feijão-caupi em função da população de plantas, em 2011, 2012 e 2013. Botucatu-SP. ⁽¹⁾

Cultivar	Teor de proteína bruta nos grãos		
	2011	2012	2013
	(%)		
BRS Guariba	17,5a	17,2	20,4a
BRS Novaera	18,9a	-	20,6a
Fonte de variação	Probabilidade ($P>F$)		
Cultivar (C)	0,131	-	0,788
População (P)	0,205	0,421	<0,001
Reg. Linear	0,441	0,619	<0,001
Reg. Quadrática	0,683	0,164	0,349
Interação C x P	0,225	-	0,646
CV (%)	15,6	12,9	8,1

⁽¹⁾Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade.

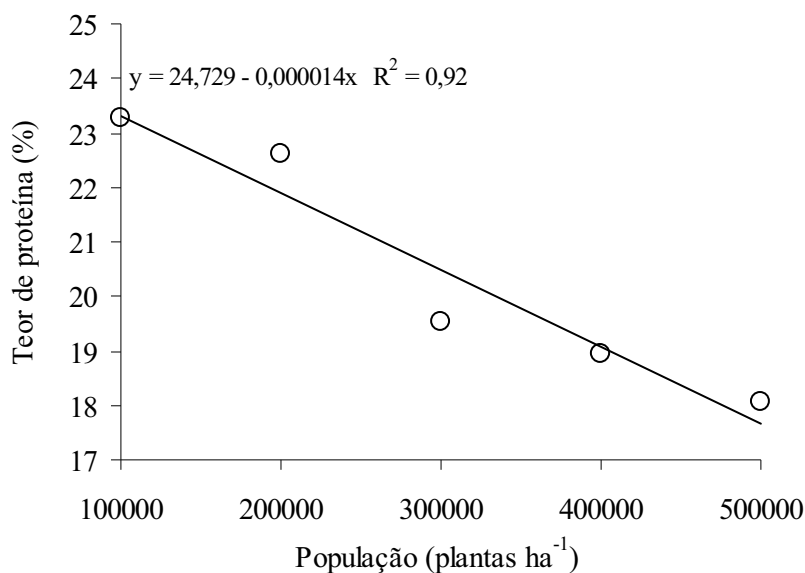


Figura 18. Teores de proteína bruta no grão de cultivares de feijão-caupi em função da população inicial de plantas, no ano de 2013. Média de duas cultivares.

7 CONCLUSÕES

Para as condições da região central do estado de São Paulo e as cultivares estudadas, é possível concluir que:

Há atraso no florescimento e, especialmente, prolongamento do ciclo de todas as cultivares de feijão-caupi estudadas, quando a semeadura foi realizada a partir da 2^a quinzena de março.

A semeadura no mês de fevereiro, especialmente na primeira quinzena, proporciona maiores produtividades de grãos da cultura do feijão-caupi. Contudo, é possível conseguir produtividades acima da média nacional com semeaduras até a primeira quinzena de março.

Entre a 1^a quinzena de fevereiro a 1^a quinzena de março, as cultivares mais produtivas são a BRS Guariba, BRS Cauamé, BRS Novaera e a BRS Potengi.

Cultivares com maior comprimento de vagem e maior massa de grãos (BRS Guariba; BRS Tumucumaque e BRS Novaera) podem ser indicadas para o comércio de vagens verdes.

Independentemente da cultivar de feijão-caupi, o número de folhas por planta, área foliar, massa de matéria seca da parte aérea, número de nós no ramo principal, número de ramos laterais, número de vagens por planta, comprimento das vagens, massa de grãos por vagens e o teor de proteínas nos grãos diminuem com o aumento da população de plantas.

A máxima produtividade de grãos é obtida com a população inicial entre 172.333 e 306.333 plantas ha^{-1} , sendo que populações de plantas menores ou maiores promovem decréscimos na produtividade.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEGAS, F. S.; VOLL, E.; GAZZIERO, D. L. P. Manejo de plantas daninhas em milho safrinha em cultivo solteiro ou consorciado à braquiária ruziziensis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 10, p. 1226-1233, 2011.
- AGUILLAR, E. F.; DIAZ, F.; LAING, D. R. Efecto de la densidad de siembra sobre algunas características morfológicas y el rendimiento en frijol comun (*Phaseolus vulgaris* L.). **Turrialba**, San José, v. 34, n. 1, p. 55-61, 1984.
- AHMED, F.B., HALL, A.E., DEMASON, D.A. Heat injury during floral development in cowpea (*Vigna unguiculata*). **American Journal of Botany**, St. Louis, v. 79, n. 7, p. 784-91, 1992.
- AHMED, M, N.; ABDELRHIM, A. J. Effect of plant density and cultivar on growth and yield of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, Konstitutcii, v.4, n.8, p. 3148-3153, 2010.
- AKANDE, S. R.; EBALOGUN, M. O. Multi-locational evaluation of cowpea grain yield and other reproductive characters in the forest and Southern Guinea Savanna agro-ecologies of Nigeria. **Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry**, Vigo, v. 8, n. 7, p. 526-533. 2009.
- ALCÂNTARA, J. P. et al. Avaliação de cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em diferentes densidades de semeadura e condições de ambiente. **Ciência e Prática**, Bebedouro, v.15, n. 4, p. 331-428, 1991.

- ALLEN, D. J. **The pathology of tropical food legumes: Disease resistance in crop improvement.** Chichester: John Wiley & Sons, 1983. 430 p.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S. et al. Níveis de irrigação na cultura do feijão caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n.1, p. 17-20, 2002.
- ANDRADE, E. M.; PEREIRA, O. J.; CRUZ, M. G. M. Resposta da cultivar BR-1 de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), submetido a diferentes deficiências hídricas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA Agrícola, 28, 1999, Pelotas. **Resumos...: SBEA**, 1999. CD Rom.
- ANDRADE, F. N. et al. Estimativas de parâmetros genéticos em genótipos de feijão-caupi avaliados para feijão fresco. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 2, p. 253-258, 2010.
- ANDRIOLLO, J. L. **Fisiologia das culturas protegidas.** Santa Maria: Editora da UFSM, 1999. 142 p.
- AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis.** 15 ed. Arlington: Association of official analytical chemists inc., 1990. 684 p.
- APHALO, P.; BALLARE, C.; SCOPEL, A. Plant-plant signalling, the shade-avoidance response and competition. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 50, n. 340, p. 1629-1634. 1999.
- ARAÚJO, J. P. P. de. et al. Nota sobre a ocorrência de uma inflorescência ramificada em caupi *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Subsp, *unguiculata* no Brasil. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.12, p.187-193, 1981.
- ARAÚJO, J. P. P. de; WATT, E. E. **O caupi no Brasil.** Goiânia: EMBRAPA-CNPAF/Ibadan: ITTA, 1988. 722 p.
- ARF, O. et al. Efeito de diferentes espaçamentos e densidades de semeadura sobre o desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 9, p. 629-634, 1996.
- ARRUDA, K. R.; SMIDERLE, O. J.; VILARINHO, A. A. Uniformidade de sementes de genótipos de feijão-caupi cultivados em dois ambientes no Estado de Roraima. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 3, n. 2, p. 122-127. 2009.

BALL, R.A.; PURCELL, L.C.; VORIES, E.D. Short-season soybean yield compensation in response to population and water regime. **Crop Science**, Madison, v. 40, n. 4, p.1070-1078, 2000.

BARRETO, P. D., DUTRA, J. F. Sistemas de produção de feijão-de-corda em monocultivo no trópico semi-árido brasileiro. In: ARAÚJO, J. P. P. de (Coord.). **O Caupi no Brasil**. Brasília, DF: EMBRAPA, 1988. p. 382-404.

BARRIGA, R. H. M. P.; OLIVEIRA, A. F. F. **Viabilidade genética e correlações entre o rendimento e seus componentes em caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) na região amazônica**. Belém, EMBRAPA-CPATU, 1982. 16 p. (Embrapa-CPATU, boletim de pesquisa 38).

BARROS, H. B. et al. Efeitos das épocas de semeadura no comportamento de cultivares de soja, no sul do Estado do Tocantins. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 50, n. 291, p. 565-572, 2003.

BASTOS, E. A. et al. Parâmetros de crescimento do feijão caupi sob diferentes regimes hídricos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 22, n. 1, p. 43-50, 2002.

BATES L. M.; HALL A. E. Stomatal closure with soil water depletion not associated with changes in bulk leaf water status. **Oecologia**, Berlin, v. 50, n. 1, p. 62-65, 1981.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41 p.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. Variabilidade interanual da precipitação pluvial e rendimento da soja no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Sete Lagoas, v. 7, n.1, p. 119-125, 1999.

BERNARDES, M. S. Fotossíntese no dossel das plantas cultivadas. In: CASTRO, P. R. C., FERREIRA, S. O., YAMADA, T. (Eds). **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Associação brasileira para pesquisa da potassa e do fosfato, 1987. p. 13-45.

BERTINI, C. H. C. M.; TEÓFILO, E. M.; DIAS, F. T. C. Divergência genética entre acessos de feijão caupi do banco de germoplasma da UFC. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, n. 40, v. 1, p. 99-105, 2009.

BEVILAQUA, G. A. et al. **Manejo de sistemas de produção de sementes e forragem de feijão-miúdo para a agricultura familiar**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 23 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 204).

BEZERRA, A. A. C. et al. Características de dossel e de rendimento em feijão-caupi ereto em diferentes densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 44, n. 10, p. 1239-1245, 2009.

BEZERRA, A. A. C. et al. Morfologia e produção de grãos em linhagens modernas de feijão-caupi submetidas a diferentes densidades populacionais. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 85-93, 2008.

BEZERRA, A. A. C. **Variabilidade e diversidade genética em caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) precoce, de crescimento determinado e porte ereto e semi-ereto**. 1997. 105 f. Dissertação (Mestrado em Botânica/Melhoramento Genético de Plantas)-Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 1997.

BEZERRA, F. M. L. et al. Feijão-caupi e déficit hídrico em suas fases fenológicas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 34, n. 1, p. 5-10, 2003.

BHÉRING, M. C. et al. Influência de épocas de plantio sobre algumas características agrônômicas da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 38, n. 219, p. 396-408, 1991.

BLADE, S. F. et al. Recent developments in cowpea cropping systems research. In: SINGH, B. B. et al. (Eds.) **Advances in cowpea research**. Ibadan: IITA/JIRCAS, 1997. p. 114-128.

BORD, J. E.; SETTIMI, J. R. Photoperiod effect before and after flowering on branch development in determinate soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v. 78, n. 6, p. 995-1002, 1986.

BRITO, J. A. P. de. **Respostas de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) a diferentes períodos de deficiência hídrica**. 1993. 125 f. Dissertação. (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1993.

CÂMARA, G. M. S. **Efeito do fotoperíodo e da temperatura no crescimento, florescimento e maturação de cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. 1991. 266 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991.

CANTARELLA, H. **Adubação do milho "safrinha"**. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO SAFRINHA, 5., 1999, Barretos. **Palestras...**Campinas: Instituto Agrônomo, 1999. p. 15-24.

CARDOSO, C. O. et al. Aplicação do modelo CERES-maize na análise de estratégias de irrigação para milho "safrinha" em Londrina-PR. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 37-45, 2004.

CARDOSO, M. J. et al. Densidade de plantas de caupi (*Vigna unguiculata*) de portes enramador e moita em regime de sequeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.21, n. 2, p.224-227, 1997b.

CARDOSO, M. J.; MELO F. de B.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de. Densidade de plantas de caupi em regime irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n. 4, p.399-405, 1997a.

CARDOSO, M. J.; MELO, F. de B.; LIMA, M. G. de. Ecofisiologia e manejo de semeadura. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J.A. de A.; RIBEIRO, V.Q. (Eds.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 212-228.

CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q. Desempenho agrônomo do feijão-caupi, cv. Rouxinol, em função de espaçamentos entre linhas e densidades de plantas sob regime de sequeiro. **Revista Ciência Agrônoma**, Fortaleza, v. 37, n. 1, p. 102-105, 2006.

CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q. Produtividade de grãos de feijão caupi relacionada à densidade de plantas e à associação com milho em solo de tabuleiro costeiro. In: REUNIÃO NACIONAL DE CAUPI, 5., 2002, Teresina. **Anais...** Teresina: Embrapa Meio-Norte, p. 76-79, 2002. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 56).

CARVALHO, J. A. et al. Efeito do déficit hídrico sobre o rendimento do feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 3, p. 710-717, 2000a.

CARVALHO, W. P. **Efeito das densidades de semeadura em cultivares de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) sob condições de irrigação**. 1995. 66 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1995.

CARVALHO, W. P. et al. Densidade de plantio na cultura do feijão-de-corda irrigada. I. Área foliar, interceptação da luz e características de florescimento. **Ciência Agrônoma**, Fortaleza, v. 31, n. 1/2, p. 11-19, 2000b.

CASTELLETTI, C. H. M.; COSTA, A. F. Feijão-caupi: alternativa sustentável para os sistemas produtivos. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, Recife, v. 18, n. 1, p. 1-2, 2013.

CECCON, G. et al. Produtividade de feijão-caupi em populações de plantas. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI (CONAC), 3., 2013, Recife. **Resumos...** Recife, PE: Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), 2013. Disponível em: < <http://www.conac2012.org/resumos/pdf/050d.pdf> > Acesso em: 20 fev. 2014.

CHAVES, M. M. Effects of water deficits on carbon assimilation. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 42, n. 1, p. 1-16, 1991.

CLEMENTE FILHO, A.; LEÃO, P. C. L. **Sistema de produção de milho safrinha na região norte do estado de São Paulo**, 2008. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2008_4/MilhoNorte/index.htm>. Acesso em: 31 mai. 2014.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo primeiro levantamento - agosto 2013**. Brasília: DF: Conab, 2013. 30 p.

CONC - CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI: **Feijão-caupi como alternativa sustentável para os sistemas produtivos familiares e empresariais**, 3., 2012, Recife. Disponível em: < <http://www.conac2012.org> >. Acesso em: 05 mai. 2014.

COOLBEAR, P. Reproductive biology and development. In: SMART, J. (Eds.) **The groundnut crop. A scientific basis for improvement**. London: Chapman & Hall, 1994. cap. 5, p. 138-172.

CORRÊA, M. P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1952. v. 3, 646 p.

CORREIA, G. K.; NOGUEIRA, C. M. J. R. Avaliação do crescimento do amendoim (*Arachis hypogae* L.) submetido a déficit hídrico. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, Campina Grande, v. 4, n. 2, 2004.

COSTA, M. M. M. N. **Comportamento de cultivares de caupi submetidas à deficiência hídrica em duas fases do ciclo fenológico**. 1995. 66 f. (Dissertação de Mestrado)- Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1995.

CRAUFURD, P. Q. et al. Development in cowpea (*Vigna unguiculata*) I. The influence of temperature on seed germination and seedling emergence. **Experimental Agriculture**, Cambridge, v.32, n. 1, p. 1-12, 1996a.

CRAUFURD, P. Q. et al. Development in cowpea (*Vigna unguiculata*) II. Effect of temperature and saturation deficit on time to flowering in photoperiod insensate genotypes. **Experimental Agriculture**, Cambridge, v. 32, n. 1, p. 13-28, 1996b.

CRAUFURD, P. Q.; M. SUBEDI.; R. J. SUMMERFIELD. Leaf appearance in cowpea: effects of temperature and photoperiod. **Crop Science**, Madison, v. 37, n. 1, p. 167-171, 1997.

CROTHERS, S. E.; WESTERMANN, D. T. Plant population effects on the seed yield on *Phaseolus vulgaris* L. **Agronomy Journal**, Madison, v. 68, n. 6, p. 958-960, 1976.

DAMASCENO-SILVA, K. J. Panorama do melhoramento e mercado do Feijão-caupi no Brasil, **Agrosoft**, 2008. Disponível em:<<http://www.agrosoft.org.br/agropag/103401.htm>>. Acesso em: 10 dez. 2013.

DAMASCENO-SILVA, K. J. et al. Adaptabilidade e estabilidade produtiva de genótipos de feijão-caupi de portes ereto e semiereto na região Centro Oeste do Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI (CONAC), 3., 2013, Recife. **Resumos...**Recife, PE: Instituto Agrônômico de Pernambuco (IPA), 2013. Disponível em:<<http://www.conac2012.org/resumos/pdf/1241.pdf>> Acesso em: 01 fev. 2014.

DAMASCENO-SILVA, K. J. **Estatística da produção de feijão-caupi**, 2009. Disponível em: <<http://www.grupocultivar.com.br/arquivos/estatistica.pdf>> Acesso em: 05 abr. 2014.

DANIEL, I. Árabes importam mais feijão do Brasil. **ANBA: Agência de notícias Brasil-Árabe**, 2013. Disponível em: <<http://www.anba.com.br/noticia/21459701/agronegocio/arabes-importam-mais-feijao-do-brasil/?indice=10>>. Acesso em: 10 mar. 2014.

DAVIS, D.W. et al. **Field Crops Manual: Cowpea - New Crops Resource Online Program**. 1991. Disponível em:<<http://www.hort.purdue.edu/NEWCROP/AFCM/cowpea.html>>. Acesso em: 15 nov. 2013.

DEUS, E. **Feijão-caupi recebe melhoramento biofortificado gerando: BRS Xiquexique**. 2008. Disponível em: <<http://seagro.to.gov.br/noticia.php?id=967>>. Acesso em: 10 jan. 2013.

DUMET, D.; ADELEKE, R.; FALOYE, B. 2008. Regeneration guidelines: cowpea. In: DULLOO, M. E. et al. (Eds). **Crop specific regeneration guidelines**. Disponível em: <http://cropgenebank.sgrp.cgiar.org/index.php?option=com_content&view=article&id=274&Itemid=401>. Acesso em 01 fev. 2014.

EHLERS, J. D.; HALL, A. E. Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). **Field Crops Research**, Amsterdam, n. 53, n. 1, p. 187-204, 1997.

ELLIS, R.H. et al. Towards the reliable prediction on time to flowering in six annual crops. III. Cowpea (*Vigna unguiculata*). **Experimental Agriculture**, Cambridge, v.30, n. 1, p.17-29, 1994.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Dados de conjuntura da produção de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) no Brasil. (1985 - 2012)**, 2012. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/index.htm>>. Acesso em: 30 mai. 2014.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Instalação da lavoura. In: **Tecnologias de Produção de Soja: Paraná**, 2003. Londrina: Embrapa Soja, 2002. p. 11-120.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. 1. ed, Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 2006. 204 p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Pesquisa do Solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

EMBRAPA - MEIO NORTE - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultivo de feijão-caupi**. 2003. Disponível em: <<http://www.cpamn.embrapa.br/pesquisa/graos/FeijaoCaupi/referencias.htm>>. Acesso em: 7 out. 2013.

EMBRAPA - MEIO-NORTE. **Cultivo de feijão caupi. Jul/2003**. Disponível em: <<http://www.cpamn.embrapa.br/pesquisa/graos/FeijaoCaupi/referencias.htm>>. Acesso em: 7 out. 2013.

ERSKINE, W.; KHAN, T. N. Effects of spacing on cowpea genotypes in Papua New Guinea. **Experimental Agriculture**, Cambridge, 12, n. 4, p. 401-410, 1976.

ESTEVES, A.; PEREIRA, E. B. C; RUSCHEL, R. Avaliação de características agronômicas em cultivares de milho (*Zea Mays*) introduzidas, na semeadura de “safrinha”.

In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 20., Goiânia, 1994. **Resumos...**
Goiânia: ABMS, EMGOPA, EMBRAPA, CNPMS, UFG, EMATER-GO, 1994. p. 36.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS.
FAOSTAT: Crops, 2013. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E>>. Acesso em: 05 mar. 2014.

FARIS, D. G. The origin and evolution of the cultivated forms of *Vigna sinensis*.
Canadian Journal of Genetics and Cytology, Ottawa, v. 7, n. 6, p. 433-452, 1965.

FERNANDEZ, G. C. J.; MILLER JUNIOR, J. C. Yield component analysis in five cowpea cultivars. **American Society for Horticultural Science Journal**, St. Joseph, v. 110, n. 4, p. 553-559, 1985.

FERREIRA, L. G. R.; COSTA, J.O.; ALBUQUERQUE, I. M. de. Estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva de duas cultivares de caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 26, n. 7, p. 1049-1055, 1991.

FERREIRA, L. G. R. **Avaliação das respostas fisiológicas e produtividade biológica de cultivares de caupi (*Vigna unguiculada* (L) Walp) sob diferentes regimes hídricos.** Tese Concurso Professor Titular. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 110p.

FERY, R. L. Cowpea production in the United States. **HortScience**, Alexandria, v. 16, n. 4, p. 474, 1981.

FERY, R. L. New opportunities in *Vigna*. In: JANICK, J.; WHIPKEY, A. (Eds.). **Trends in new crops and new uses**. Alexandria: ASHS Press, 2002. p. 424-428.

FONTES, L. A. N.; OHLROGGE, A. Influence of seed size and population on yield and other characteristics of soybean (*Glycine max* L.). **Agronomy Journal**, Madison, v. 64, n. 6, p. 833-836, 1972.

FREIRE FILHO et al., **BRS Itaim: Cultivar de feijão-caupi com grãos tipo fradinho.** Embrapa Meio-Norte - Folderes / Folhetos / Cartilhas (INFOTECA-E), 2009d. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/BRSItaim_000g1gd4thi02wx5ok00gmbp494j8jhx.pdf>. Acesso em: 07 mai. 2013.

FREIRE FILHO et al. **BRS Potengi: Nova cultivar de feijão-caupi de grão branco.** Embrapa Meio-Norte - Folderes / Folhetos / Cartilhas (INFOTECA-E), 2009c. Disponível em: <<http://www.cpamn.embrapa.br/publicacoes/folders/2009/BRS%20Potengi.pdf>>. Acesso em: 07 mai. 2013.

FREIRE FILHO, F. R. et al. Avanços e perspectivas para a cultura do feijão-caupi. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. da. (Eds.). **Agricultura Tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009b. cap. 7, p. 235-250.

FREIRE FILHO, F. R. et al. **BRS Novaera: Cultivar de feijão-caupi de Porte Semi-Ereto**. Comunicado Técnico 215. 2008. Disponível em: <http://www.cpatu.embrapa.br/publicacoes_online/comunicado-tecnico/2008/brs-novaera-cultivar-de-feijao-caupi-de-porte-semi-ereto>. Acesso em: 10 fev. 2014.

FREIRE FILHO, F. R. et al. **Características botânicas e agrônômicas de feijão mácassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)**. Teresina: Embrapa – UEPAE, 1981. 45 p.

FREIRE FILHO, F. R. et al. **Feijão-Caupi no Brasil: Produção, Melhoramento Genético, Avanços e Desafios**. 1. ed. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011. 84 p.

FREIRE FILHO, F. R. et al. Feijão-caupi: melhoramento genético, resultados e perspectivas. In: SIMPÓSIO NORDESTINO DE GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS, 1., 2009a, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2009a. p. 25-59.

FREIRE FILHO, F. R. Origem, evolução e domesticação do caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) In: ARAÚJO, J. P. P. de; WATT, E. E. (Org). **O Caupi no Brasil**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP/Ibadan: IITA, 1988. p. 25-46.

FREIRE FILHO, F. R.; CARDOSO, M. J.; ARAÚJO, A. G. de. Caupi: nomenclatura científica e nomes vulgares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 18, n. 12, p. 136-137, 1983.

FREIRE FILHO, F. R.; GRANGEIRO, T. B.; CAVADA, B. S. Composição elementar e caracterização da fração lipídica de seis cultivares de caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 149-153, 2003.

FREIRE FILHO, F.R. et al. **Melhoramento genético de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) na região do Nordeste**. Embrapa Semi-Árido. Workshop, 1998.

FREIRE FILHO, F.R. et al. Melhoramento genético. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Teresina: Embrapa Meio Norte, 2005. v. 1, p. 27-92.

GARCIA, A. Manejo da cultura da soja para alta produtividade. In: SIMPÓSIO SOBRE CULTURA E PRODUTIVIDADE DA SOJA, 1., Piracicaba, 1991. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1992. p. 213-235.

GIAMI, S. Y.; AKUSU, M. O.; EMELIKE, J. N. Evaluation of selected food attributes of four advanced lines of ungerminated Nigerian cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 56, p. 61-73, 2001.

GODINHO, V. **Cresce cultivo do “milho safrinha” em Rondônia**, 2013. Embrapa Rondônia. Disponível em: < <http://portal.cpafrro.embrapa.br/noticia/285/>>. Acesso em: 31 abr. 2014.

GOMES FILHO, R. R.; TAHIN, J. F. Respostas fisiológicas de cultivares de caupi (*Vigna unguiculata*) eretos e decumbentes a diferentes níveis de irrigação. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 10, n. 1-4, p. 56-60, 2002.

GONÇALVES, J. A. et al. Relações hídricas em cultivares de caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] submetidas à deficiência hídrica do solo em dois estádios de desenvolvimento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, VIII, 2001. **Resumos...** Ilhéus: Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal, 2001. 295p.

GUIMARÃES, C. M. Breeding and cultural practices for drought control in cowpea. In: WATT, E. E.; ARAÚJO, J. P. P. (Org.). **Cowpea Research in Brazil**. Brasília: IITA/EMBRAPA, 1988, p. 117-130.

GWATHMEY, C. O.; HALL, A. E. Adaptation to midseason drought of cowpea genotypes with contrasting senescence traits, **Crop Science**, Madison, v. 32, n. 3, p. 773-778, 1992.

HALL, A. E. Breeding for heat tolerance. **Plant Breed**, Malden, v. 10, p. 129-168, 1992.

HALL, A. E. et al. Development of cowpea cultivars and germplasm by the Bean/Cowpea CRSP. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 82, n. 2-3, p. 103-134, 2003.

HALL, A. E. Physiology and breeding for heat tolerance in cowpea, and comparison with other crops. In: KUO, C.G. (Ed.). **Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress**. Taiwan: Asian Vegetable Research and Development Center, Shanhua, 1993, p. 271-284.

HENDERSON, T. L. et al. Row spacing, plant population, and cultivar effects on grain amaranth in the northern Great Plains. **Agronomy Journal**, Madison, v. 92, p. 329-336. 2000.

IBGE. **Estados. Unidades da federação**, 2009. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/>>. Acesso em: 28 jan. 2014.

ISLAM, S.; COWMEN, R. C.; GANER, J. O. Screening for tolerance of stress temperature during germination of twenty-five cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) cultivars. **Journal of Food, Agriculture and Environment**, Helsinki, v. 4, n. 2, p.189-191, 2006.

ISMAIL, A. M.; HALL, A. E.; CLOSE, T. J. Chilling tolerance during emergence of cowpea associated with a dehydrin and slow electrolyte leakage. **Crop Science**, Madison, v. 37, n. 4, p. 1270-1277, 1997.

JACKSON, J. E. Light interception and utilization by orchard systems. **Horticultural Reviews**, New York, v. 2, p. 208-267, 1980.

JALLOW. A. T.; FERGUSON, T. U. Effects of planting density and cultivar on seed yield of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) in Trinidad. **Tropical Agriculture**, St. Augustine, v. 62, n. 2, p. 121-124, 1985.

KAYODE, G. O.; ODULAJA, A. Response of cowpea (*Vigna unguiculata*) to spacing in the savanna and rainforest zones of Nigeria. **Experimental Agriculture**, Cambridge, v. 21, n. 3, p. 291-296, 1985.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. 2. ed. Rio de Janeiro:Guanabara Koogan S.A., 2008. 431 p.

KOMORI, E. et al. Influência da época de semeadura e população de plantas sobre características agronômicas na cultura da soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 20, n. 3, p. 13-19, 2004.

KRUPA E SILVA, P. **Biorreguladores aplicados em diferentes estádios fenológicos do trigo e seu efeito no desenvolvimento da planta e na qualidade da farinha**. 2014. 73 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)-Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2014.

LAM-SANCHEZ, A. et al. Efeitos da época de semeadura sobre a composição química e características físico-químicas de grãos de *Phaseolus vulgaris* L., *Phaseolus angularis* (Wild) Wright e *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 2, p. 35-44, 1990.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2004. 531 p.

LAWLOR, D. W. **Photosynthesis: metabolism, control and physiology**. New York: Longman Scientific and Technical, 1987. 262 p.

LEITE, M. L.; RODRIGUES, J. D.; VIRGENS FILHO, J. S. Avaliação de cultivares de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) quanto à produtividade e componentes de produtividade, sob condições de estufa plástica. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 72, n. 3, p. 375-385, 1997.

LEMOS, L. B.; FORNASIERI FILHO, D.; PEDROSO, P. A. C. Comportamento de cultivares de feijoeiro com distintos hábitos de crescimento, em diferentes populações, em semeadura de inverno. **Científica**, São Paulo, v.21, n.1, p.113-120, 1993.

LIMA, G. P. B. Crescimento e produtividade do caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] sob diferentes níveis de disponibilidade hídrica do solo. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE CAUPI, 4., 1996, Teresina. **Resumos...** Teresina: CNPAMN/ EMBRAPA, 1996. p. 41-43.

LITTLETON, E. J. et al. The growth and development of cowpeas (*Vigna unguiculata*) under tropical field conditions 2. Accumulation and partition of dry weight. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 93, n. 2, p. 309-320, 1979.

LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M. **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água**. Campinas: CATI, 1994. 168 p.

LOPES, A. C. de. et al. Variabilidade e correlações entre caracteres agronômicos em caupi (*Vigna unguiculata*). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 3, p. 515-520, 2001.

LUCCHESI, A. A. Fatores da produção vegetal. In: CASTRO, P. R. C.; FERREIRA, S. O.; YAMADA, T. (Eds). **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Associação brasileira para pesquisa da potassa e do fosfato, 1987, p. 1-11.

LUSH, W. M.; EVANS, L. T. Photoperiodic regulation of flowering in cowpeas (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Annals of Botany**, Oxford, v. 46, n. 6, p. 719-725, 1980.

MAKOI, J. H. J. R.; CHIMPHANGO, S. B. M.; DAKORA, F. D. Effect of legume plant density and mixed culture on symbiotic N₂ fixation in five cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) genotypes in South Africa. **Symbiosis**, Balaban, v. 48, n. 1-3, p 57-67, 2009.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 308p.

MARCHIORI, L. F. S. et al. Desempenho vegetativo de cultivares de soja [*Glycine max* (L.) merrill] em épocas normal e safrinha. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 2, p. 383-390, 1999.

MARÉCHAL, R.; MASCHERPA, J. M; STAINIER, F. Étude taxonomique d'un groupe complexe d'espèces de genres *Phaseolus* et *Vigna* (Papilionaceae) sur la base de données morphologiques et polliniques, traitées par l'analyse informatique. **Boissiera**, Chambésy-Genève, n. 28, p. 1-273, 1978.

MARTINS, M. C. et al. Épocas de semeadura, densidades de plantas e desempenho vegetativo de cultivares de soja. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 851-858, 1999.

MATOSO, A. O. et al. Avaliação de genótipos de feijão-caupi de porte ereto e semiereto na safrinha em Botucatu-SP. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI (CONAC), 3., 2013, Recife. **Resumos...** Recife: Instituto Agrônômico de Pernambuco (IPA), 2013. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/85332/1/047a.pdf>> Acesso em: 01 fev. 2014.

MATTEUCCI, M. B. A.; CARVALHO, B. C. L. Efeito do fósforo e da densidade de população sobre os componentes do rendimento do feijão-de corda (*Vigna unguiculata* L. Walp). I. Característica morfológicas. **Anais da Escola de Agronomia e Veterinária**, Goiânia, n. 18, v. 1, p. 73-87, 1988.

MATZENAUER, R. et al. Época de semeadura para milho e soja visando à redução de risco por deficiência hídrica, no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Sete Lagoas, v. 13, n. 2, p.191-200, 2005.

MATZENAUER, R.; BARNI, N. A.; MALUF, J. R. T. Estimativa do consumo relativo de água para a cultura da soja no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 6, p. 1013-1019, 2003.

McLEOD, E. **Feed the Soil**. Graton: Organic Agriculture Research Institute, 1982. 209 p.

MEDINA, S. G. **Estudio de la densidad de siembra óptima para producción de semilla de poroto Alubia em primavera, bajo riego**. Salta : INTA, 1992. 30 p.

MENDES, R. M. de S. et al. Alterações na relação fonte-dreno em feijão-de-corda submetido a diferentes densidades de plantas. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 36, n. 1, p.82- 90, 2005.

MIRANDA NETO, V. N. et al. Resposta de quatro cultivares de feijão-caupi a diferentes densidades populacionais. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI (CONAC), 3., 2013, Recife. **Resumos...**Recife, PE: Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA), 2013. Disponível em <http://www.conac2012.org/resumos/pdf/050e.pdf>> Acesso em: 20 fev. 2014.

MIRANDA, P. et al. Comportamento de cultivares de *Vigna unguiculata* (L) Walp., nos sistemas solteiro e consorciado. IV – tipos ereto e semi-ereto. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, Recife, v. 9, n. especial, p. 95-105, 1996.

MOHAMED, L. Z. 2002. **The effect of intra-row spacing and starter nitrogen fertilizer on growth and yield of cowpea (*Vigna unguiculata* L.Walp)**. M.Sc Thesis- University of Khartoum, Sudan, 2002.

MONDINI, M. L.; VIEIRA, C. P.; CAMBRAIA, L. A. **Época de semeadura: um importante fator que afeta a produtividade da cultura da soja**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste. 2001. 16 p.

MORSE, W. J. **Cowpeas: culture and varieties**. Wanshington: USDA, 1920. 18 p.

MORTIMORE, M. J. et al. Cowpea in traditional cropping systems. In: SINGH, B. B. et al. (Eds.). **Advances in Cowpea Research**. Ibadan: (JIRCAS), IITA, 2010. p. 99-113.

MOURA, R.L. de. et al. Efeitos da adubação nitrogenada, do espaçamento e densidade de semeadura sobre o rendimento do feijão. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO FEIJÃO, 14, 1977, Porto Alegre. **Ata**. Porto Alegre: IPAGRO, 1977. p. 79-86.

NAHARDANI, A. A. et al. Effects of sowing date and biological fertilizer foliar on yield and yield components of cowpea. **International Journal of Agronomy and Plant Production**, London, v. 4, n. 11, p. 2822-2826, 2013

NAKAGAWA, J.; ROSOLEM, C. A.; MACHADO, J. R. Efeito da densidade de plantas no comportamento de cultivares de soja, em duas épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 23, n. 9, p. 1003-1014, 1988.

NANGJU, D.; LITTLE, T. M.; ANJORIN-OHU, A. Effect of plant density and spatial arrangement on seed yield of cowpea (*Vigna-unguiculata* (L.) Walp.). **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 100, n. 5, p. 467-470, 1975.

NASCIMENTO, M. P. M. **Uso de água residuárias e fertilizantes orgânicos na cultura do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) e na fertilidade do solo.** 2006. 82 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente)-Universidade Federal da Paraíba/Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2006.

NDIAGA, C. Genotype x Row Spacing and environment interaction of cowpea in semi-arid zones. **African Crop Science Journal**, Kampala, v. 9, n. 2, p. 359-367, 2000.

NG, N. Q.; MARÉCHAL, R. Cowpea taxonomy, origin germ plasm. In: SINCH, S. R.; RACHIE, K. O. (Eds). **Cowpea research, production and utilization.** Chichester: John Wiley, 1985. p. 11-21.

NIELSEN, C. L.; HALL, A. E. Responses of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.)Walp.) in the field to high night air temperature during flowering. II. Plant responses. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 10, n. 2, p. 181-196, 1985.

NRC-NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Lost Crops of Africa: Vegetables.** Washington, DC: The National Academies Press, 2006. v. 2, 378 p.

OBISESAN, I. O. Plant population effects on the performance of cowpea cultivars in different seasons. **Nigerian Journal of Agronomy**, Umuahia, v. 1, n.1, p. 30-35, 1986.

OLADIRAN, J. A. The performance of plants from aged seeds of cowpea (*Vigna unguiculata* (L) Walp) at different plant populations. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 59, n. 3-4, p. 285-290, 1994.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. O. L.; MEDEIROS, D. R.; MOREIRA, B. A. M. **A cultura do Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) no Estado de Roraima.** Embrapa Informa; n.1, Centro de Pesquisa Agro-florestal de Roraima, 2000. 2 p.

OLIVEIRA, E. de. **Comportamento de genótipos de soja quanto a doenças de final de ciclo e qualidade de sementes em diferentes ambientes no estado de Goiás.** 2003. 177 f. Tese (Doutorado)-Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2003.

OLIVEIRA, F. J. et al. Caracteres agronômicos aplicados na seleção de cultivares de caupi. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 34, n. 1, p. 5-11, 2003.

OLIVEIRA, G. P. **Maturação e qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi *Vigna unguiculata* (L.) Walp.** 2012. 99 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/fitotecnia)-Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2012.

OLIVEIRA, S. R. M de. **Densidade populacional do feijão-caupi sob níveis de irrigação**. 2013. 103 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola – área de concentração irrigação e drenagem)-Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Fortaleza, 2013.

OLUFAJO, O. O.; SINGH, B. B. Advances in cowpea cropping systems research In: FATOKUM, C.A. et al. (Eds.). **Challenges and opportunities for enhancing sustainable cowpea production**. Ibadan: IITA, 2002. p. 267-277.

OYEWALE, R. O.; BAMAIYI, L. J. Management of Cowpea Insect Pests. **Scholars Academic Journal of Biosciences**, Bangalore, v. 1, n. 5, p. 217-226, 2013.

PADULOSI, S. **Genetic diversity, taxonomy, and ecogeographic survey of the wild relatives of cowpea (*V. unguiculata*)**. 1993. 228 f.. PhD thesis - University of Louvain La Neuve, Belgium, 1993.

PADULOSI, S. **Plant exorparation and germplasm collection in Zimbabwe**. Ibadan: International Institute of Tropical Agriculture, 1987. 32 p.

PADULOSI, S.; NG, N. Q. Origin taxonomy and morfology of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. In: SINGH, B. B. et al. (Eds.). **Advances in cowpea research**. Tsukuba: IITA: JIRCAS, 1997. p. 1-12.

PEIXOTO, C. P. **Análise de crescimento e rendimento de três cultivares de soja em três épocas de semeadura e três densidades de plantas**. 1999. 151 f. Tese (Doutorado em fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

PEIXOTO, C. P. et al. Épocas de semeadura e densidade de plantas de soja: I. Componentes da produção e rendimentos de grãos. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 89 -96, 2000.

PEKESEN, A.; PEKESEN, E.; BOZOGLU, H. Effects of sowing dates on yield and quality of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) genotypes grown in greenhouse. **Acta Horticulture**, Leuven, n. 579, p. 351-354, 2002.

PELÚZIO, J. M. et al. Desempenho de cultivares de soja, em duas épocas de semeadura, no sul do estado do Tocantins. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 22, n. 2, p. 69-74, 2006.

PEREIRA, J. A. et al. **Caracteres agronômicos e suas correlações em linhagens de feijão macassar**. João Pessoa: EMEPA, 1992. 24 p. (EMEPA-PB. Boletim de Pesquisa, 8).

PETRIE C. L.; HALL A. E. Water relations in cowpea and pearl millet under soil water deficits: I. Contrasting leaf water relations. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, n. 19, v. 6, p. 601-609, 1992.

PHILLIPS R. D. et al. Utilization of cowpeas for human food. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 82, n. 2-3, p. 193-213, 2003.

PHILLIPS, E. P. **The genera of South African flowering plants**. Pretoria: Government Printer, 1951, 702 p.

PHOGAT, B. S.; SINGH, D. P.; SINGH, P. Responses of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) and Mung Bean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) to irrigation. II. Effects on CO₂ exchange, radiation characteristics and growth. **Irrigation Science**, Berlin, v.5, n. 1, p.61-72, 1984.

PORTES, T. A. Ecofisiologia. In: ARAÚJO, R. S. et al. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFÓS, 1996. p. 101-137.

PREET, K.; PUNIA, D. Antinutrients and digestibility (in vitro) of soaked, dehulled and germinated cowpea. **Nutrition and Health**, v. 14, n. 2, p. 109–117, 2000.

QUIN, F. M. Introduction. In: SINGH, B. B. et al. (Eds.). 1997. **Advances in cowpea research**. Ibadan: IITA / Tsukuba: JIRCAS, 1997. p. 09-15.

RACHIE, K. O. Introduction. In: SINGH, S. H.; RACHE, K. O. **Cowpea, research, production and utilization**. Chichester: John Wiley. 1985. p. 21-28.

RAIJ, B. van. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 284 p.

RAMOS, H. M. M. **Características produtivas, fisiológicas e econômicas do feijão-caupi para grãos verdes sob diferentes regimes hídricos**. 2011.109 f. Dissertação ((Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2011.

REMISON, S. U. Varietal response of cowpea to a range of densities in a forest zone. **Experimental Agriculture**, Cambridge, v. 16, n. 2, p. 201-206, 1980.

RITCHIE, S. W. et al. **How a soybean plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Thechnology-Cooperative Extension Service, 1994. 20 p. (Special report, 53).

ROBERTS, E. H. et al. Effects of air temperature on seed growth and maturation in cowpea (*Vigna unguiculata*). **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 90, n. 3, p. 437-446, 1978.

ROCHA, D. G. da F. **Relações hídricas, crescimento de plantas e estratificação do sistema radicular em feijão-de-corda submetido à deficiência hídrica na fase vegetativa**. 2001, 60 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.

ROCHA, M. de M. et al. Controle genético do comprimento do pedúnculo em feijão-caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 44, n. 3, p. 270-275, 2009.

ROCHA, M. M. **Árvore do conhecimento, feijão-caupi: Mercado e comercialização**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao-caupi/arvore/CONTAG01_72_510200683537.html#>. Acesso em: 20 mai. 2014.

ROCHA, V. S. et al. **A qualidade da semente de soja**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa: 1984. 76 p. (UFV. Boletim, 188).

RODRIGUES, J. D. **Influência de diferentes níveis de cálcio, sobre o desenvolvimento de plantas estilosas (*Stylodanthes guyanensis* (Aubl.) Swartz cv cook), em cultivo hidropônico**. 1990. 180 f. Tese (Livre Docência)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1990.

SANTOS, A.; CORREA, A. M. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi de porte ereto e semi-ereto produzidas em Aquidauana- MS. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA – ENIC, 10., 2010, Dourados, **Anais...Dourados: UEMS**, 2010. Disponível em: <<http://periodicos.uems.br/index.php/enic/article/view/2146>>. Acesso em: 17 fev. 2014.

SANTOS, C. A. F.; ARAÚJO, F. P. Produtividade e morfologia de genótipos de caupi em diferentes densidades populacionais nos sistemas irrigado e de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 10, p. 1977-1984, 2000.

SANTOS, E. R. et al. Crescimento e teores de pigmentos foliares em feijão-caupi cultivado sob dois ambientes de luminosidade. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 4, p. 14-19, 2011.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F. & OLIVEIRA,

J. B., eds. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, Embrapa, 2013. 353p.

SANTOS, J. F. dos. et al. Produção e componentes produtivo de variedades de feijão-caupi na microregião Cariri Paraibano. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 1, p. 214-222, 2009.

SANTOS, J. F. Resposta do feijão-caupi a diferentes densidades de plantas em Neossolo Regolítico no Agreste Paraibano. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 7, n. 4, p. 37-41, 2013.

SARIAH, J. E. **Enhancing cowpea (*Vigna unguiculata* L.) production through insect pest resistant line in East Africa**. 2010. 84 f. PhD thesis - Faculty of Life Sciences, University of Copenhagen, Frederiksberg, 2010.

SEDIYAMA, T. et al. Influência da época de semeadura e do retardamento da colheita sobre a qualidade das sementes e outras características agronômicas das variedades de soja UFV-1 e UFV-2, em Capinópolis, MG. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 2., 1981, Capinópolis. **Anais...** Capinópolis: EMBRAPA, 1981. v. 1, p. 645-659.

SEMENTES TOMAZETTI: **Feijão-caupi continua aquecido no mercado internacional**, 2012. Disponível em: <http://www.sementestomazetti.com.br/noticias.php?entry_id=1329331152>. Acesso em: 04 dez. 2013.

SHACKEL K. A.; HALL A. E. Comparison of water relations and osmotic adjustment in sorghum and cowpea under field conditions. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 10, n. 5, p. 423-435, 1983.

SHIMADA, M. M.; ARF, O.; SÁ, M. E. Componentes do rendimento e desenvolvimento do feijoeiro de porte ereto sob diferentes densidades populacionais. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 2, p. 181-187, 2000.

SHIOGA, P. S.; OLIVEIRA, E. L.; GERAGE, A. C. Densidade de plantas e adubação nitrogenada em milho cultivado na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, n. 3, p. 381-390, 2004.

SILVA NETO, M. L. et al. Compatibilidade do tratamento de sementes de feijão-caupi com fungicidas e inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium*. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, DF, v. 48, n. 1, p. 80-87, 2013.

SILVA, A. L. J.; NEVES, J. Produção de feijão-caupi semi-prostrado em cultivos de sequeiro e irrigado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 1, p. 29-36, 2011.

SILVA, G. S. Nematóides. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. (Eds.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2005, cap. 13. p. 487-497.

SILVA, P. S. L.; OLIVEIRA, C. N. Rendimentos de feijão verde e maduro de cultivares de caupi. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 11, n. 2, p. 133-135, 1993.

SILVA, S. M. de S. et al. **Composição Química de 45 Genótipos de Feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)**. Teresina: Embrapa Meio Norte, 2002. 2 p. (Comunicado Técnico 149).

SIMON, M. V. **Uso de Marcadores Moleculares em *Phaseolus vulgaris***. 2002. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas)-Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2002.

SINGH, B. B. Cowpea breeding at IITA: Highlights of advances impacts. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI; REUNIÃO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 6., 2006, Teresina. **Anais...** Teresina, PI: Embrapa Meio-Norte, 2006. (Embrapa Meio-Norte, Documentos, 121) 1 CD-ROM.

SINGH, B. B. et al. Recent progress in cowpea breeding. In: FATOKUN, C. A. et al. (Eds.). **Challenges and opportunities for enhancing sustainable cowpea production**. Ibadan: IITA. 2002. p. 22-40.

SINGH, B. B.; CHAMBLISS, O.L.; SHARMA B. Recent advances in cowpea breeding. In: SINGH, B. B. et al. (Eds.). **Advances in cowpea research**. Ibadan: IITA-JIRCAS. 1997. p. 30-49.

SMARTT, J. **Grain legumes: evolution and genetic resources**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990. 333 p.

SOARES, U. M., GOMES, E. S. Comportamento de cultivares de feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*) associado a níveis de população em diversas épocas de plantio. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DO FEIJÃO-DE-CORDA, 1982, Goiânia. **Resumos...** Goiânia: EMBRAPA/CNPAF, 1982, 305 p. (Documentos, 4).

SOBRAL, P. V. C. et al. Caracterização agrônômica de variedades tradicionais de feijão-caupi do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Meio-Norte. **Horticultura Brasileira**,

Brasília, DF, v. 25, n. 1, 2007. Disponível em:<
http://www.abhorticultura.com.br/Eventosx/trabalhos/ev_1/A657_T882_Comp.pdf>.
Acesso em: 20 mar. 2014.

SOUZA, L. C. F.; CECCON, G. HERNANI, L. C. Rotação de Culturas. **Árvore do conhecimento: Sistema Plantio Direto**. Brasília: Embrapa/AGEITEC, 2014. Disponível em:
<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/sistema_plantio_direto/arvore/CONT000fx4zsnby02wyiv80u5vcsvqgl1acyp.html>. Acesso em: 04 jun. 2014.

STEELE, W. M. Cowpeas: *Vigna unguiculata* Leguminosae-Papilionatae. In SIMONDS, N. W. Ed. **Evolution of crop Plant**. London: Longmans, 1976. p. 183-185.

STEELE, W. M.; MEHRA, K. L. Structure, evolution and adaptation to farming systems and environment in *Vigna*. In: SUMMERFIELD, D. J.; BUTING, A. H.(Eds). **Advances in Legume Science**. England: Royal Botanic Gardens, 1980. p. 459-468.

SUMMERFIELD, R. J. et al. Growth, reproductive development and yield of effectively nodulated cowpea plants in contrasting aerial environments. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 90, n. 2, p. 277-291, 1978.

SUMMERFIELD, R. J. et al. The physiology of cowpeas. In: SINGH, S. R., RACHIE, K. O. (Eds) **Cowpea research, production and utilization**. New York: John Wiley and Sons, 1985. p. 65-102.

SUMMERFIELD, R. J.; HUXLEY, P. A.; STEEL, W. Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Field Crop Abstracts**, Wallingford, v. 27, p. 301-312, 1974.

SUMMERFIELD, R. J.; ROBERTS, E. H. *Vicia Faba*. In: **Handbook of flowering**. Boca Raton: A.H. Halvey, CRC Press, 1985. v. 1, p. 171-184.

TAHA, M. B., 1988. Effect of population density on the yield of dry beans. **Annual Report**. Sudan: Hudeiba Research Station El Damer, 1988. p. 47-50.

TÁVORA, F. J. A. F. et al. Densidade de sementeira na cultura do feijão de corda irrigado. II. Componentes de produção e rendimento de grãos. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 31, n. 1-2, p. 20-25, 2000.

TÁVORA, F. J. A. F.; NOGUEIRA, S. L.; PINHO, J. L. N. de. Arranjo e população de plantas em cultivares de feijão-de-corda com diferentes características de copa. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 32, n. 1-2, p. 69-77, 2001.

TEIXEIRA, N. J. P. et al. Produção, componentes de produção e suas inter-relações em genótipos de feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] de porte ereto. **Revista Ceres, Viçosa**, v. 54, n. 314, p. 375-383, 2007.

TOURINO, M. C. C.; REZENDE, P. M. de.; SALVADOR, N. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agrônômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n. 2, p.1071-1077, 2002

TRIPATHI, S. S.; SINGH, P. P. The association of planting density and plant type in French bean (*Phaseolus vulgaris*). **Experimental Agriculture**, Cambridge, v. 22, n. 4, p. 427-429, 1986.

TURK, K. J.; HALL, A. E.; ASBELL, C.W. Drought adaptation of cowpea. I. Influence of drought on yield. **Agronomy Journal**, Madison, v.72, n. 3, p. 413-420, 1980.

VERDCOURT, B. Studies in the Leguminosae-Papilionoidea for the flora of tropical East Africa IV. **Kew Bulletin**, Kew, v. 24, n. 3, p. 569-597, 1970.

VIEIRA, R. F.; VIEIRA, C.; CALDAS, M. T. Comportamento do feijão-fradinho na primavera-verão na Zona da mata de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 7, p. 1359-1365, 2000.

VILARINHO, A. A. **BRS Guariba** – cultivar de feijão-caupi de alto desempenho em Roraima. 2007. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2007_4/Guariba/index.htm>. Acesso em: 01 dez. 2013.

VILARINHO, A. A. et al. **Cultivar de Feijão-caupi BRS Cauamé**: Nova Cultivar para Roraima. 2008b. Disponível em:< http://www.cpafr.embrapa.br/embrapa/attachments/279_cot152008_cauame_aloisio.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2013.

VILARINHO, A. A. et al. **Cultivar de Feijão-caupi BRS Tumucumaque**: Nova Cultivar para Roraima. 2008a. Disponível em:< http://www.cpafr.embrapa.br/embrapa/attachments/283_cot192008_tumucumaque_aloisio.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2013.

WANDER, A. L. Produção e participação brasileira no mercado internacional de feijão-caupi. In: CONAC – CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., 2012, Recife. **Resumos...** Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA). Disponível em: <<http://www.conac2012.org/resumos/pdf/206a.pdf>>. Acesso em: 05 mar. 2014.

WATT, E. E. et al. Coleção de germoplasma de caupi: conservação e avaliação no Brasil. In: ARAÚJO, J. P. P. de; WATT, E. E. (Org.). **O caupi no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa-CNPAF; Ibadan: IITA, 1988. p. 234-248.

WATT, E. E. **First annual report on the EMBRAPA/IITA - Cowpea Program in Brasil**. Goiania: EMBRAPA-CNPAF, 1978. 55 p.

WESTPHAL, E. **Pulses in Ethiopia, their taxonomy and agricultural signifance**. Wageningen: Centre for Agricultural Publishing and Documentation, 1974. 263 p.

WIEN, H. C.; SUMMERFIELD, R. J. Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) In: GOLDSWORTHY, P. R.; FISCHER, N. M. (Eds). **The physiology of tropical field crops**. Chichester: John e Willey & Sons, 1984a. p. 353-383.

WIEN, H.C.; SUMMERFIELD, R. J. Adaptation of cowpeas in West Africa: effects of photoperiod and temperature responses in cultivars of diverse origin. In: **Advances in legume science**. London: R.I. Summerfield and A.H. Bunting, 1984b, p. 405-417

WIENK, J. E. **Photoperiodic effects in *Vigna unguiculata* (L.) Walp.** 8. ed. Mededelingen Landbouwhoghschool: H. Veenman , 1963. 82 p.

YAN, W.; HOLLAND, J. B. A heritability-adjusted GGE biplot for test environment evaluation. **Euphytica**, The Netherlands, v. 171, n. 3, p. 355-369, 2010.

YOKOMIZO, G. K. **Interação genótipos x ambientes em topo cruzamentos de soja tipo alimento com tipo grão**. 1999. 170 f. Tese (Doutorado)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1999.

8 ANEXOS



Anexo 1. Semeadora de parcela Semeato, modelo SHP 249, semeando a primeira quinzena de fevereiro, 2013.



Anexo 2. Experimentos conduzidos em 2012.



Anexo 3. Experimentos conduzidos em 2013.



Anexo 4. Unidade experimental da cultivar BRS-Guariba na população de 100.000 plantas ha⁻¹ (A) e 200.000 plantas ha⁻¹ (B), 2011.



Anexo 5. Unidade experimental da cultivar BRS-Novaera na população de 100.000 plantas ha^{-1} (A) e 200.000 plantas ha^{-1} (B), 2011.



Anexo 6. Unidade experimental da cultivar BRS-Novaera na população de 300.000 plantas ha^{-1} (A), 400.000 plantas ha^{-1} (B) e 500.000 plantas ha^{-1} (C), 2011.



Anexo 7. Plantas coletadas para avaliação de área foliar, BRS-Novaera na população de 100.000 plantas ha^{-1} (A), 200.000 plantas ha^{-1} (B) e 400.000 plantas ha^{-1} (C), 2013.



Anexo 8. Plantas coletadas para avaliação de área foliar, BRS-Guariba na população de 100.000 plantas ha^{-1} (A), 200.000 plantas ha^{-1} (B) e 400.000 plantas ha^{-1} (C), 2013.



Anexo 9. Avaliação de área foliar corte (A), separação (B) e contagem das folhas (C).