

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

**ASPECTOS FISIOLÓGICOS E PRODUTIVIDADE DE GENÓTIPOS
DE MAMONA DE PORTE BAIXO INFLUENCIADOS POR
DENSIDADES DE PLANTAS**

LAERTE GUSTAVO PIVETTA

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Câmpus de
Botucatu, para obtenção do Título de
Doutor em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU – SP
Março – 2014

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

**ASPECTOS FISIOLÓGICOS E PRODUTIVIDADE DE GENÓTIPOS
DE MAMONA DE PORTE BAIXO INFLUENCIADOS POR
DENSIDADES DE PLANTAS**

LAERTE GUSTAVO PIVETTA

Orientador: Prof. Dr. Maurício Dutra Zanotto

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Câmpus de
Botucatu, para obtenção do Título de
Doutor em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU – SP
Março – 2014

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

Pivetta, Laerte Gustavo, 1986-

P639a Aspectos fisiológicos e produtividade de genótipos de mamona de porte baixo influenciados por densidades de plantas / Laerte Gustavo Pivetta. - Botucatu : [s.n.], 2014
xi, 77 f. : grafs., tabs., ils.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2014

Orientador: Maurício Dutra Zanotto

Inclui bibliografia

1. Mamona - Melhoramento genético. 2. Mamona - Fisiologia. 3. Mamona - Espaçamento. 4. Plantas oleaginosas. I. Zanotto, Maurício Dutra. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

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

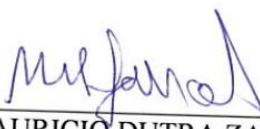
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: " ASPECTOS FISIOLÓGICOS E PRODUTIVIDADE DE GENÓTIPOS DE
MAMONA DE PORTE BAIXO INFLUENCIADOS POR DENSIDADES DE
PLANTAS"**

ALUNO: LAERTE GUSTAVO PIVETTA

ORIENTADOR: Prof. Dr. MAURICIO DUTRA ZANOTTO

Aprovado pela Comissão Examinadora



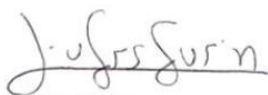
Prof. Dr. MAURICIO DUTRA ZANOTTO



Prof. Dr. ROGERIO PERES SORATTO



Prof. Dr. VANDEIR FRANCISCO GUIMARAES



Prof. Dr. LIV SOARES SEVERINO



Prof. Dr. SAMUEL LUIZ FIOREZE

Data da Realização: 10 de abril de 2014.

OFEREÇO

*À Deus, pois sem Ele nada
seria possível.*

DEDICO

A minha família pelo amor, pela confiança depositada e por suportar a ausência nos últimos cinco anos de pós-graduação. Minha mãe Maria de Lurdes Pivetta, meu pai Valderi Luiz Pivetta, meus irmãos Evandro Luiz Pivetta, Giana Cristina Pivetta Dalazen, Laércio Augusto Pivetta, meu cunhado Alex Diogo Dalazen, minhas cunhadas Mayara Rodrigues Pivetta, Leonice da Silva Pivetta, minha namorada Camila de Aquino Tomaz e sua filha Nauá Sofia Tomaz Machado, meu afilhado Gabriel Dalazen Pivetta e às minhas duas sobrinhas Natália e Maria Valentina que farão parte da nossa família este ano.

EPÍGRAFE

"Sente-se diante dos fatos como uma criança, e prepare-se para sacrificar todas as noções preconcebidas, siga humilde por toda parte e por todos os abismos que a natureza o levar, ou você não aprenderá nada."

Thomas Henry Huxley

"A gravidade explica os movimentos dos planetas, mas não pode explicar quem colocou os planetas em movimento. Deus governa todas as coisas e sabe tudo que é ou que pode ser feito."

Isaac Newton

Perguntado no leito de morte: "Senhor Michael, quais especulações o senhor está tendo agora?"

"Especulações? Eu não tenho nenhuma. Eu descanso nas certezas. Eu sei em quem tenho crido e estou bem certo de que Ele é poderoso para guardar o meu tesouro até aquele dia."

Michael Faraday, parafraseando o Apóstolo Paulo.

AGRADECIMENTOS

A toda minha família pelo apoio nos anos longe de casa e por acreditar na importância do estudo.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de doutorado.

Ao Prof. Dr. Maurício Dutra Zanotto pela orientação no âmbito acadêmico bem como pela postura pessoal, exemplo de bom caráter e generosidade.

Aos professores e à chefia do Departamento de Produção Vegetal e do Programa de Pós-Graduação em Agricultura pelos ensinamentos oferecidos durante as disciplinas e na rotina do Departamento.

Agradeço especialmente à minha namorada Camila de Aquino Tomaz, exemplo de companheirismo e dedicação e agradeço pela ótima convivência e experiência dos últimos anos e por ter transformado Botucatu na minha casa. Que nosso futuro juntos seja cheio de alegria e realizações aonde quer que seja.

Aos amigos Samuel Luiz Fioreze, Ana Carolina da Costa Lara Fioreze, Gustavo Castoldi, Mariângela Brito Freiburger, Flávio Gurgacz, Tailene Elisa Kotz, Lucas Barbosa, Suelen Maia e meu irmão Laércio Augusto Pivetta e minha cunhada Mayara Rodrigues Pivetta pela ajuda nos experimentos e pelo convívio que marcaram o período de pós-graduação em Botucatu.

Aos amigos e companheiros do Programa de Agricultura Spirro, Magrão, Japonês, Taiada, Brunão, KudeBurro, Bretera, Godofredo, Renake, Rúbia, Renatinha, Gabi, Geraldo, Juan, Danilo, toda a galera da famosa salinha da PG, pela amizade e companheirismo que fizeram os dias mais alegres e tornaram o ambiente de trabalho muito melhor.

Agradeço especialmente aos amigos Dácio Olibone, Ana Paula Encide Olibone, Mônica Sarolli Silva de Mendonça Costa, Luiz Antônio de Mendonça Costa, Emerson Fey, Vandeir Francisco Guimarães, pelo exemplo de profissionalismo e pela grande generosidade.

Aos funcionários do departamento Célio, Casemiro, Fio, Camargo, Cidão, Mateus, Vera, Lana, Valéria e especialmente ao Dorival Arruda pela ajuda nos experimentos bem como pela amizade.

Aos colegas de república Samuel, Gustavo, Laércio, Tiago, Diego, Ismael, João, Vítor e Paraguaio pelo convívio e pelos momentos de diversão.

A todos que direta ou indiretamente participaram da condução deste trabalho, muito obrigado.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	VII
LISTA DE FIGURAS	X
1 RESUMO	1
2 SUMMARY	3
3 INTRODUÇÃO	5
4 REVISÃO DE LITERATURA	7
5 MATERIAL E MÉTODOS	13
5.1 Local e período do experimento	13
5.2 Delineamento experimental e tratamentos	14
5.3 Instalação e condução do experimento	15
5.4 Avaliações	15
5.4.1 Variáveis de crescimento	16
5.4.2 Características agronômicas, componentes de produção, produtividade e teor de óleo	17
5.5 Análise dos dados	19
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
6.1 Análise de crescimento	20
6.1.1 Probabilidades do teste F	20
6.1.2 Massa de matéria seca de caule	22
6.1.3 Massa de matéria seca de folhas	25
6.1.4 Massa de matéria seca de racemo	28
6.1.5 Massa de matéria seca total	31
6.1.6 Área foliar	34
6.1.7 Altura de plantas	37
6.1.8 Diâmetro de caule	39
6.2 Características agronômicas, componentes de produção, produtividade e teor de óleo	41
6.2.1 Probabilidade do teste F	41
6.2.2 Número de nós e dias para a emissão dos racemos	45
6.2.3 Número de racemos por planta	48
6.2.4 Número de grãos por racemo	52
6.2.5 Massa de 100 grãos	55
6.2.6 Produtividade de grãos	58
6.2.7 Teor de óleo	63
6.2.8 Índice de colheita	65
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	68
8 CONCLUSÕES	70
9 REFERÊNCIAS	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise química da área experimental. Botucatu-SP.....	15
Tabela 2. Probabilidade do teste F para massa de matéria seca de caule, folha, racemo e total, em função de genótipos, densidades populacionais de plantas e coletas, em 2011. Botucatu-SP.....	20
Tabela 3. Probabilidade do teste F para área foliar, altura de plantas e diâmetro do caule, em função de genótipos, densidades populacionais de plantas e coletas, em 2011. Botucatu-SP.....	21
Tabela 4. Probabilidade do teste F para massa de matéria seca de caule, folha, racemo e total em função de genótipos, densidades populacionais de plantas e coletas, em 2012. Botucatu-SP.....	21
Tabela 5. Probabilidade do teste F para área foliar, altura de plantas e diâmetro do caule, em função de genótipos, densidades populacionais de plantas e coletas, em 2012. Botucatu-SP.....	22
Tabela 6. Probabilidade do teste F para número de nós (NN), dias para a emissão do racemo primário (DIASRP), dias para a emissão do racemo secundário (DIASRS), número de racemos primários (NRP), número de racemos secundários (NRS) e número de racemos por planta (NR), em função de genótipos e densidades populacionais de plantas, em 2011. Botucatu-SP.....	41
Tabela 7. Probabilidade do teste F para número de grãos por racemo primário (NGRP), número de grãos por racemo secundário (NGRS), número de grãos por racemo (NGR), massa de 100 grãos do racemo primário (M100RP), massa de 100 grãos do racemo secundário (M100RS) e massa de 100 grãos (M100), em função de genótipos e densidades populacionais de plantas, em 2011. Botucatu-SP.....	42
Tabela 8. Probabilidade do teste F para produtividade do racemo primário (PROD RP), produtividade do racemo secundário (PROD RS), produtividade total (PROD) e índice de colheita (IC), em função de genótipos e densidades populacionais de plantas, em 2011. Botucatu-SP.....	42
Tabela 9. Probabilidade do teste F para teor de óleo do racemo primário (ÓLEO RP), teor de óleo do racemo secundário (ÓLEO RS) e teor de óleo médio (ÓLEO), em função de genótipos e densidades populacionais de plantas, em 2011. Botucatu-SP.....	42
Tabela 10. Probabilidade do teste F para número de nós (NN), dias para a emissão do racemo primário (DIASRP) e dias para emissão do racemo secundário (DIASRS) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas, em 2012. Botucatu-SP.....	43
Tabela 11. Probabilidade do teste F para número de racemos primários (NRP), número de racemos secundários (NRS), número de racemos terciários (NRT), número de racemos quaternários (NRQ) e número de racemos por planta (NR), em 2012. Botucatu-SP.....	43
Tabela 12. Probabilidade do teste F para número de grãos por racemo primário (NGRP), número de grãos por racemo secundário (NGRS), número de grãos por racemo terciário (NGRT), número de grãos por racemo quaternário	

(NGRQ) e número de grãos por racemo (NGR) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas, em 2012. Botucatu-SP.....	43
Tabela 13. Probabilidade do teste F para massa de 100 grãos do racemo primário (M100RP), massa de 100 grãos do racemo secundário (M100RS), massa de 100 grãos do racemo terciário (M100RT), massa de 100 grãos do racemo quaternário (M100RQ) e massa de 100 grãos (M100) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas, em 2012. Botucatu-SP.....	44
Tabela 14. Probabilidade do teste F para produtividade do racemo primário (PROD RP), produtividade do racemo secundário (PROD RS), produtividade do racemo terciário (PROD RT), produtividade do racemo quaternário (PROD RQ), produtividade total (PROD) e índice de colheita (IC) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas, em 2012. Botucatu-SP.....	44
Tabela 15. Probabilidade do teste F para teor de óleo do racemo primário (ÓLEO RP), teor de óleo do racemo secundário (ÓLEO RS), teor de óleo do racemo terciário (ÓLEO RT), teor de óleo do racemo quaternário (ÓLEO RQ) e teor de óleo médio (ÓLEO) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas, em 2012. Botucatu-SP.	44
Tabela 16. Número de nós (NN), dias para a emissão do racemo primário (DIASRP) e dias para emissão do racemo secundário (DIASRS) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas, em 2011. Botucatu-SP.	45
Tabela 17. Desdobramento da interação de genótipos e densidades populacionais quanto a dias para a emissão do racemo primário, em 2011. Botucatu-SP.....	46
Tabela 18. Número de nós (NN), dias para a emissão do racemo primário (DIASRP) e dias para emissão do racemo secundário (DIASRS), em 2012. Botucatu-SP.....	47
Tabela 19. Desdobramento da interação de genótipos e densidades populacionais para dias para o florescimento do racemo secundário, em 2012. Botucatu-SP.	48
Tabela 20. Número de racemos primários (NRP), número de racemos secundários (NRS) e número de racemos por planta (NR) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas, em 2011. Botucatu-SP.	49
Tabela 21. Desdobramento da interação entre genótipos e densidades populacionais para número de racemos primários, em 2012. Botucatu-SP.	49
Tabela 22. Desdobramento da interação entre genótipos e densidades populacionais para número de racemos secundários por planta, em 2012. Botucatu-SP.....	50
Tabela 23. Número de racemos primários (NRP), número de racemos secundários (NRS), número de racemos terciários (NRT), número de racemos quaternários (NRQ) e número de racemos por planta (NR) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas, em 2012. Botucatu-SP.....	51
Tabela 24. Desdobramento da interação de genótipos e densidades populacionais para número de racemos quaternários, em 2012. Botucatu-SP.....	51
Tabela 25. Número de grãos por racemo primário (NGRP), número de grãos por racemo secundário (NGRS) e número de grãos por racemo (NGR) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas, em 2011. Botucatu-SP.....	53
Tabela 26. Número de grãos por racemo primário (NGRP), número de grãos por racemo secundário (NGRS), número de grãos por racemo terciário	

(NGRT), número de grãos por racemo quaternário (NGRQ) e número de grãos por racemo (NGR) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas, em 2012. Botucatu-SP.....	54
Tabela 27. Massa de 100 grãos do racemo primário (M100RP), massa de 100 grãos do racemo secundário (M100RS) e massa de 100 grãos (M100) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas, em 2011. Botucatu-SP.....	55
Tabela 28. Desdobramento da interação de genótipos e densidades populacionais para massa de 100 grãos do racemo primário, em 2012. Botucatu-SP.....	56
Tabela 29. Massa de 100 grãos do racemo primário (M100RP), massa de 100 grãos do racemo secundário (M100RS), massa de 100 grãos do racemo terciário (M100RT), massa de 100 grãos do racemo quaternário (M100RQ) e massa de 100 grãos (M100) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas, em 2012. Botucatu-SP.....	56
Tabela 30. Desdobramento da interação de genótipos e densidades populacionais para massa de 100 grãos do racemo terciário, em 2012. Botucatu-SP.....	57
Tabela 31. Produtividade do racemo primário (PROD RP), produtividade do racemo secundário (PROD RS) e produtividade total (PROD) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas, em 2011. Botucatu-SP.....	58
Tabela 32. Desdobramento da interação genótipos x densidades populacionais para produtividade do racemo secundário, em 2011. Botucatu-SP.....	59
Tabela 33. Desdobramento da interação genótipos x densidades populacionais para produtividade do racemo primário, em 2012. Botucatu-SP.....	59
Tabela 34. Produtividade do racemo primário (PROD RP), produtividade do racemo secundário (PROD RS), produtividade do racemo terciário (PROD RT), produtividade do racemo quaternário (PROD RQ) e produtividade total (PROD) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas, em 2012. Botucatu-SP.....	60
Tabela 35. Desdobramento da interação genótipos x densidades populacionais para produtividade do racemo terciário, em 2012. Botucatu-SP.....	61
Tabela 36. Desdobramento da interação genótipos x densidades populacionais para produtividade do racemo quaternário, em 2012. Botucatu-SP.....	61
Tabela 37. Teor de óleo do racemo primário (ÓLEO RP), teor de óleo do racemo secundário (ÓLEO RS) e teor de óleo médio (ÓLEO) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas, em 2011. Botucatu-SP.....	64
Tabela 38. Teor de óleo do racemo primário (ÓLEO RP), teor de óleo do racemo secundário (ÓLEO RS), teor de óleo do racemo terciário (ÓLEO RT), teor de óleo do racemo quaternário (ÓLEO RQ) e teor de óleo médio (ÓLEO) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas, em 2012. Botucatu-SP.....	65
Tabela 39. Índice de colheita (IC) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas, em 2011. Botucatu-SP.....	66
Tabela 40. Índice de colheita (IC) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas, em 2012. Botucatu-SP.....	66

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Precipitação pluvial, temperatura máxima, temperatura mínima e temperatura média registradas na área experimental, no período de março a outubro de 2011 e março a novembro de 2012. Botucatu-SP. 13
- Figura 2. Configuração da unidade experimental. Botucatu-SP. 16
- Figura 3. Massa de matéria seca de caule (MMSC) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas. (a) H1 20; (b) H1 40; (c) H1 80; (d) H2 20; (e) H2 40; (f) H2 80; (g) IAC 20; (h) IAC 40; (i) IAC 80. CP - caule primário; CS - caule secundário; CTTotal - caule total, em 2011. Botucatu-SP. 23
- Figura 4. Massa de matéria seca de caule (MMSC) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas. (a) H3 20; (b) H3 40; (c) H3 80; (d) H4 20; (e) H4 40; (f) H4 80; (g) IAC 20; (h) IAC 40; (i) IAC 80. CP - caule primário; CS - caule secundário; CT - caule terciário; CQ - caule quaternário; CTTotal - caule total, em 2012. Botucatu-SP. 24
- Figura 5. Massa de matéria seca de folha (MMSF) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas. (a) H1 20; (b) H1 40; (c) H1 80; (d) H2 20; (e) H2 40; (f) H2 80; (g) IAC 20; (h) IAC 40; (i) IAC 80. FP - folha primária; FS - folha secundária; FTTotal - folha total, em 2011. Botucatu-SP. 26
- Figura 6. Massa de matéria seca de folha (MMSF) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas. (a) H3 20; (b) H3 40; (c) H3 80; (d) H4 20; (e) H4 40; (f) H4 80; (g) IAC 20; (h) IAC 40; (i) IAC 80. FP - folha primária; FS - folha secundária; FT - folha terciária; FQ - folha quaternária; FTTotal - folha total, em 2012. Botucatu-SP. 27
- Figura 7. Massa de matéria seca de racemo (MMSR) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas. (a) 20 mil plantas ha⁻¹; (b) 40 mil plantas ha⁻¹; (c) 80 mil plantas ha⁻¹; (d) Híbrido 1; (e) Híbrido 2; (f) IAC 2028. RP - racemo primário; RS - racemo secundário; RTTotal - racemo total, em 2011. Botucatu-SP. 29
- Figura 8. Massa de matéria seca de racemo (MMSR) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas. (a) H3 20; (b) H3 40; (c) H3 80; (d) H4 20; (e) H4 40; (f) H4 80; (g) IAC 20; (h) IAC 40; (i) IAC 80. RP - racemo primário; RS - racemo secundário; RT - racemo terciário; RQ - racemo quaternário; RTTotal - racemo total, em 2012. Botucatu-SP. 30
- Figura 9. Massa de matéria seca total (MMST) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas. (a) H1 20; (b) H1 40; (c) H1 80; (d) H2 20; (e) H2 40; (f) H2 80; (g) IAC 20; (h) IAC 40; (i) IAC 80. MSP - massa seca primária; MSS - massa seca secundária; MSTTotal - massa seca total, em 2011. Botucatu-SP. 32
- Figura 10. Massa de matéria seca total (MMST) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas. (a) H3 20; (b) H3 40; (c) H3 80; (d) H4 20; (e) H4 40; (f) H4 80; (g) IAC 20; (h) IAC 40; (i) IAC 80. MSP - massa seca primária; MSS - massa seca secundária; MST - massa seca

terciária; MSQ - massa seca quaternária; MSTotal - massa seca total, em 2012. Botucatu-SP.	33
Figura 11. Área foliar (AF) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas. (a) H1 20; (b) H1 40; (c) H1 80; (d) H2 20; (e) H2 40; (f) H2 80; (g) IAC 20; (h) IAC 40; (i) IAC 80. AFP - área foliar primária; AFS - área foliar secundária; AFTotal - área foliar total, em 2011. Botucatu-SP.	35
Figura 12. Área foliar (AF) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas. (a) H3 20; (b) H3 40; (c) H3 80; (d) H4 20; (e) H4 40; (f) H4 80; (g) IAC 20; (h) IAC 40; (i) IAC 80. AFP - área foliar primária; AFS - área foliar secundária; AFT - área foliar terciária; AFQ - área foliar quaternária; AFTotal - área foliar total, em 2012. Botucatu-SP.	36
Figura 13. Altura total de plantas em função de genótipos e densidades populacionais de plantas. (a) H1 20; (b) H1 40; (c) H1 80; (d) H2 20; (e) H2 40; (f) H2 80; (g) IAC 20; (h) IAC 40; (i) IAC 80, em 2011. Botucatu-SP.	38
Figura 14. Altura de plantas em função de genótipos e densidades populacionais de plantas. (a) altura dos genótipos; (b) altura das densidades populacionais, em 2012. Botucatu-SP.	39
Figura 15. Diâmetro do caule em função de genótipos e densidades populacionais de plantas. (a) H1 20; (b) H1 40; (c) H1 80; (d) H2 20; (e) H2 40; (f) H2 80; (g) IAC 20; (h) IAC 40; (i) IAC 80, em 2011. Botucatu-SP.	40
Figura 16. Diâmetro do caule em função de genótipos e densidades populacionais de plantas(a) diâmetro do caule dos genótipos; (b) diâmetro de caule das densidades populacionais, em 2012. Botucatu-SP.	41

1 RESUMO

A utilização de híbridos de mamona (*Ricinus communis* L.) de porte baixo cultivados sob altas densidades populacionais podem aumentar a produtividade em função da maior interceptação de luz e da redução dos drenos vegetativos. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da densidade de semeadura de híbridos de mamona sobre os aspectos fisiológicos e produtivos. Os experimentos foram conduzidos na Fazenda Experimental Lageado, em Botucatu, SP, em safrinha nos anos de 2011 e 2012. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso em esquema fatorial 3 x 3, com três genótipos e três densidades de semeadura de plantas. Os genótipos utilizados foram os híbridos 1 e 2 e a cultivar IAC 2028 no ano de 2011 e os híbridos 3 e 4 e a cultivar IAC 2028 no ano de 2012. As densidades utilizadas foram de 20, 40 e 80 mil plantas por hectare. Todas as parcelas foram semeadas com espaçamento entre linhas com 0,45 m. O crescimento foi maior no ano de 2012 devido à maior disponibilidade hídrica. Devido a este fato, a planta da mamona ramificou-se mais em 2012, apresentando nos híbridos ramos de ordem quaternária, mesmo na maior densidade populacional. A maior ramificação em 2012 resultou em maior sombreamento e menor tempo de vida das folhas de ordem primária e secundária. Em relação aos aspectos produtivos observou-se redução dos componentes número de racemos por planta e número de grãos por racemo com o aumento da densidade populacional de plantas. A cultivar IAC 2028 apresentou menor número de racemos porém com maior produção de grãos por racemo sob boas condições hídricas. A produtividade foi maior nas maiores densidades populacionais nos dois anos e a cultivar IAC 2028 foi superior ao Híbrido 2 no ano de 2011. Em 2012 não houve diferença na produtividade entre os genótipos. Em 2011 o Híbrido 2 obteve o menor teor de óleo e

não houve diferença entre as densidades populacionais. Em 2012 não houve diferença no teor de óleo entre os genótipos e a densidade populacional de 80 mil plantas ha^{-1} foi superior à densidade populacional de 20 mil plantas ha^{-1} . O índice de colheita foi maior nos híbridos pois apresentaram menor porte. Em 2011 ambos híbridos tiveram maior índice de colheita do que a cultivar IAC 2028 e em 2012 apenas o Híbrido 4 foi maior que a cultivar IAC 2028. Altas densidades populacionais suprimem parcialmente o desenvolvimento de estruturas de ordem superiores, principalmente quando associadas à restrições hídricas. Apesar do menor crescimento vegetativo, os híbridos utilizados não possuíram maior capacidade de adensamento do que a cultivar IAC 2028.

PHYSIOLOGICAL ASPECTS AND YIELD OF SHORT-STATURE CASTOR BEAN GENOTYPES INFLUENCED BY PLANT DENSITY. Botucatu, 2014. 77. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

Author: LAERTE GUSTAVO PIVETTA

Adviser: MAURÍCIO DUTRA ZANOTTO

2 SUMMARY

The use of short castor hybrid grown under high populations can increase productivity due to higher light interception and vegetative sink reduction. The aim of this study was to evaluate the effect of plant density of castor hybrids on physiological and productive aspects. The experiments were carried at the Experimental Farm Lageado, in Botucatu, SP, in out-of-season, in 2011 and 2012. The experimental design was a randomized block in factorial scheme 3 x 3 with three genotypes and three plant populations. The genotypes used were hybrids 1 and 2 and the IAC 2028 cultivar in 2011 and the hybrid 3 and 4 and IAC 2028 cultivar in 2012. The plant populations used were 20, 40 and 80 thousand plants per hectare. All plots were sown with spacing 0,45 m. The largest growth occurred in 2012 due to higher water availability. Due to this fact, the castor plant branched out more in 2012, with quaternary branches in hybrids, even in the larger population. The larger branching in 2012 increased shading and reduced primary and secondary leaf lifespan. Regarding the productive aspects were observed reduction of number of racemes per plant and number of grains per raceme with the increase of plant population. IAC 2028 showed less racemes but had greater grain production per raceme under good water conditions. Yield was higher in larger populations in both years and IAC 2028 was higher than the Hybrid 2 in 2011. In 2012 there was no difference in yield between genotypes. In 2011 Hybrid 2 had the lowest oil content and there was no difference between the populations. In 2012 there was no difference in oil content between the genotypes and the plant population of 80 thousand plants was higher than the

population of 20 thousand plants. The harvest index was higher in hybrids because they were smaller. In 2011 both hybrids had higher harvest index than IAC 2028 cultivar and in 2012 only Hybrid 4 was higher than the IAC 2028. High plant populations partially suppress the development of higher order structures, especially when associated with water restrictions. Despite the lower vegetative growth, hybrids used had no greater ability to support high plant populations than the IAC 2028 cultivar.

Keywords: Hybrids, *Ricinus communis* L., spatial arrangement.

3 INTRODUÇÃO

A consolidação de culturas como o milho e a soja foram possíveis graças às inúmeras pesquisas em melhoramento genético e manejo cultural. Atualmente, o cultivo destas espécies está estabelecido, com ampla disponibilidade de materiais genéticos e as principais práticas de manejo difundidas e praticadas pela maioria dos produtores. Porém, sabe-se que essa não é a realidade da cultura da mamona. A disponibilidade de genótipos e as práticas culturais estão muito aquém das encontradas para culturas mais tradicionais.

A cultura da mamona, apesar da importância e de ter o primeiro programa de melhoramento genético desde 1936 no Instituto Agronômico de Campinas (IAC), ainda possui tecnologias de cultivo incipientes, sendo que a maioria dos materiais genéticos disponíveis no mercado são rústicos e com baixa resposta aos insumos agrícolas. Um exemplo de sucesso da popularização do uso de híbridos é o da cultura do milho nos Estados Unidos na década de 1930 que promoveu aumentos consideráveis de produtividade. Espera-se também que a utilização de híbridos na cultura da mamona seja uma boa opção para sistemas de cultivo tecnificados, devido à melhor resposta aos insumos e à maior uniformidade, permitindo a colheita mecanizada.

No Brasil, empresas como BOM Brasil e Sementes Armani desenvolveram híbridos de mamona, contudo a produção foi descontinuada. Atualmente, a maioria dos programas de melhoramento ativos no país visam a produção de cultivares. Dentre os desenvolvedores de híbridos, destaca-se o Programa de Melhoramento de Mamona da UNESP-FCA, liderado pelo prof. Dr. Maurício Dutra Zanotto. Atualmente o

referido programa possui parceria com o Instituto Matogrossense de Algodão (IMAmt) que visa desenvolver híbridos para a região do Cerrado brasileiro.

O Cerrado possui grande potencial para produção de mamona por vários motivos. O primeiro é a área disponível. Somente no Mato Grosso a safra de soja 2013/2014 ocupou 8,4 milhões de hectares, e desta área o milho safrinha irá ocupar 3,4 milhões de hectares. A safrinha de algodão irá ocupar apenas 330 mil hectares. A área disponível para o cultivo de outras espécies será de mais de 4 milhões de hectares.

O segundo motivo diz respeito ao clima, pois o inverno do Cerrado brasileiro é seco, a precipitação normalmente reduz drasticamente a partir de maio. A mamona apresenta rusticidade e potencial produtivo mesmo com baixos índices pluviométricos, principalmente se as chuvas ocorrerem nos estádios iniciais de desenvolvimento.

O terceiro motivo é a vocação dos produtores da região em produção de grãos. Estes possuem infra-estrutura e tradição no cultivo de culturas oleaginosas. A mecanização da cultura é um fator limitante que está sendo superado pelo desenvolvimento de uma plataforma adaptada para a colheita da mamona pelo Instituto Matogrossense de Algodão (IMAmt). Até o presente momento o protótipo tem tido bom desempenho e possibilitará a completa mecanização da colheita num futuro próximo.

Apesar da vantagem com a utilização de híbridos, a densidade populacional ideal para estes materiais ainda não está completamente estabelecida no Brasil. O cultivo de híbridos sob altas densidades populacionais em espaçamentos reduzidos já é utilizado nos Estados Unidos. Em algodão esta prática promove principalmente redução no ciclo da cultura, redução nos gastos com defensivos agrícolas e em alguns casos aumento da produtividade, apresentando grande potencial para a cultura da mamona.

A hipótese do trabalho é de que o uso de híbridos de mamona de porte baixo possibilitem a semeadura de alta densidade populacional, com maior aproveitamento da radiação solar, maior aporte de fotoassimilados direcionados para estruturas reprodutivas, reduzindo assim os drenos vegetativos e, conseqüentemente, promovendo aumentos de produtividade.

Objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito do cultivo adensado de genótipos de mamona sobre os aspectos fisiológicos e produtivos da cultura.

4 REVISÃO DE LITERATURA

A mamona (*Ricinus communis*L.) pertence à família *Euphorbiaceae* e é a única espécie do gênero *Ricinus*. Sua região de origem é citada como sendo a Etiópia e o leste da África (MOSHKIN, 1986). Foi trazida para o Brasil pelos portugueses e o clima tropical facilitou sua disseminação. Encontra-se mamona em todo território nacional, tal qual uma planta nativa (SANTOS et al., 2007).

O principal produto da mamona é o óleo presente em seus grãos, que possui inúmeras aplicações, incluindo o uso medicinal e cosmético, fabricação de plásticos e lubrificantes. O óleo também é utilizado na produção de fibra ótica, vidro à prova de balas e próteses ósseas, além disso, é indispensável para impedir o congelamento de combustíveis e lubrificantes de aviões e foguetes espaciais a baixíssimas temperaturas (CHIERICE e CLARO NETO, 2007).

Como fonte de divisas para o país, a mamona perdeu importância devido a vários aspectos, dentre eles a baixa tecnologia utilizada pelos produtores, a concorrência internacional, maior investimento em pesquisas de culturas tradicionais e pela falta de cultivares melhoradas (SANTOS et al., 2001). O Brasil, que já foi o maior produtor mundial da mamona em baga, no período de 1960-1980, em 2012 foi o quarto maior produtor com apenas 1,3% da produção mundial (FAO, 2014).

Após o lançamento do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) pelo Governo Federal verificou-se que nas safras 2003/2004 e 2004/2005 houve recuperação da produção nacional em relação às safras dos últimos dez anos (EMBRAPA, 2006). De acordo com o 4º levantamento de grãos realizado pela Conab em janeiro de 2014 para a safra 2013/14, a estimativa de produção de mamona será de 84,1

mil toneladas. A produtividade média estiada será de 615 kg ha^{-1} , em uma área cultivada de 87,4 mil hectares (CONAB, 2014).

Com a ampliação da utilização do óleo de mamona e as recentes iniciativas para a produção de biocombustíveis, a demanda por matéria-prima vem aumentando, o que torna necessária a produção em escala industrial, sendo imprescindível o desenvolvimento de novos materiais genéticos. As principais características consideradas nos programas de melhoramento são: alto potencial produtivo, maturação precoce e uniforme, baixa deiscência, alto teor de óleo, resistência a pragas e doenças e porte baixo, visando utilização de alta tecnologia que possibilite a produção da oleaginosa em maior escala, tornando a cultura economicamente viável a médias e grandes propriedades (AZEVEDO et al., 2007; OLIVEIRA, 2007).

A mamona é cultivada no Brasil com baixos níveis de tecnologia (SAVY FILHO, 1999), principalmente na região Nordeste, onde há predomínio de pequenos agricultores. Estes utilizam principalmente cultivares arbóreas, mais rústicas e com reduzido aporte de insumos agrícolas. Do total da produção nacional de 84,1 mil toneladas, 81,2 mil toneladas são provenientes do Nordeste, com produtividade média de 609 kg ha^{-1} . Já a produtividade do estado de São Paulo, por exemplo, é de 1980 kg ha^{-1} (CONAB, 2014).

A utilização de híbridos é bastante conhecida em várias culturas e seus benefícios ocorrem em vários aspectos da planta, mas principalmente o aumento da produtividade (MONTEIRO et al., 2000; DUARTE e PARTENIANI, 1997). A heterose, que é a manifestação do vigor híbrido, já foi observada em mamona (HOOKS et al., 1971; MANIVEL et al., 1999). Para Savy Filho (1999), os híbridos possuem características específicas de uniformidade, ciclo precoce, resposta aos insumos agrícolas, porte que permite a colheita mecanizada, as quais possibilitam seu plantio por produtores de maior porte e tecnificados. Em ensaios preliminares para a obtenção de novos híbridos de mamona do Programa de Melhoramento de Mamona da UNESP-FCA, Kiihl (2006) obteve híbridos promissores, tanto para alta produtividade de grãos quanto para estatura baixa, com potencial de utilização em colheita mecanizada.

O aumento da produção de uma cultura pode ser alcançado de duas formas, aumento da área cultivada ou aumento da produtividade. No Brasil, a abertura do Cerrado possibilitou um aumento considerável da área de cultivo e, conseqüentemente, da produção nacional de grãos. O Cerrado é uma área potencial para o cultivo da mamona

visto que no período da entressafra há redução drástica do índice pluviométrico, e, segundo Beltrão e Azevedo (2007a), a mamona possui sistema radicular robusto do tipo pivotante, de elevada capacidade de penetração, podendo chegar a mais de 1,5 m de profundidade, explorando maior volume de solo. Savy Filho et al. (1999) caracteriza a mamona como planta tolerante à seca, permitindo a obtenção de boas produtividades de grãos em condições climáticas, que normalmente não são possíveis para culturas tradicionais como milho, soja e algodão.

Rangel et al. (2003) analisaram a situação atual e as perspectivas da mamona no Estado do Mato Grosso. Os autores comentam que a mamona poderia ser cultivada sob duas formas no estado, a primeira em Sistemas de Agricultura Familiar como é realizado no Nordeste brasileiro e a segunda em Cultivo Mecanizado na Safrinha. Os autores preconizam que no Cultivo Mecanizado em Safrinha sejam utilizados híbridos de porte baixo que viabilizem a colheita mecanizada. O Instituto Matogrossense de Algodão (IMAmt) vem desenvolvendo pesquisas com mamona no estado e desenvolveu um protótipo de plataforma adaptada para colheita de mamona que, segundo relatos possui ótimo desempenho.

A colheita é um dos principais gargalos na produção da mamona em larga escala. Outro entrave para o cultivo da mamona é a doença mofo-cinzento, causada pelo fungo *Amphobotrys ricini*. Este fungo tem grande potencial de danos sempre que as condições climáticas são favoráveis. Essas condições são temperatura em torno de 25°C e umidade relativa do ar acima de 75% (CHAGAS et al., 2010). Ainda não foram relatadas fontes de resistência para a doença, sendo que uma das alternativas é o escape, adequando a época de semeadura de forma que não haja condições climáticas favoráveis à doença durante a fase reprodutiva.

A recomendação para o cultivo da mamona no Cerrado é a semeadura após o término do período de semeadura do milho de segunda safra ou "safrinha", que ocorre aproximadamente no dia 20 de fevereiro. Segundo Dallacort et al. (2011) as médias históricas (1970 a 2007) de precipitação para a "safrinha" no Cerrado, região de Tangará da Serra, Mato Grosso, são de aproximadamente, 250 mm em fevereiro, 250 mm em março, 150 mm em abril, 60 mm em maio, 15 mm em junho e 20 mm em julho. Com exceção de fevereiro, o somatório dos outros meses é de 495 mm. Segundo Weiss (1983) boas produtividades são alcançadas com precipitações entre 375 a 500 mm, distribuídos uniformemente nos primeiros 4 meses. Baseado nessas informações, sabe-se

que será possível reduzir o ataque de mofo cinzento, devido à redução das chuvas em junho e julho. Apesar da expectativa de boas produtividades, deve-se buscar alternativas que possibilitem o aumento da produtividade mesmo que as chuvas sejam limitadas aos três primeiros meses.

O aumento da produtividade dá-se por dois fatores: a utilização do melhor genótipo para o referido ambiente e a melhoria deste ambiente. Conforme relatado anteriormente, os híbridos são genótipos potenciais para aumento da produtividade. A melhoria do ambiente de produção geralmente é acompanhada de aumento dos custos de produção, visto que esta melhoria é conseguida com aumento da adubação, manejo químico de pragas, doenças e plantas invasoras, irrigação, etc. Existem, porém, melhorias no ambiente que dispendem poucos gastos, como a adequação da densidade populacional ideal, que é uma tecnologia simples (SEVERINO et al., 2012). Para a escolha da melhor combinação devem ser levados em consideração o clima, características do solo, da cultivar e manejo a ser empregado (SEVERINO et al., 2004).

De acordo com Azevedo et al. (2001) o espaçamento entre linhas e a densidade populacional de plantas podem interferir na produtividade e nos tratamentos culturais da mamona. Nos estudos realizados por Severino et al. (2006a), foi constatado que espaçamentos mais estreitos propiciaram produtividade maior que espaçamentos mais largos para uma cultivar de porte alto (BRS Nordestina). O espaçamento entre plantas utilizado foi o mesmo em todos os tratamentos, então pode-se inferir também que aumentos populacionais aumentam a produtividade da mamoneira.

Após 1945, a recomendação da densidade de plantas por hectare aumentou gradativamente baseada em observações de campo e artigos técnicos (KITTOCK e WILLIAMS, 1970). Zimmerman (1958) sugeriu densidades de aproximadamente 30 mil plantas ha^{-1} , enquanto Brigham e Spears (1961) sugeriram densidades entre 40 e 50 mil plantas ha^{-1} para cultivares anãs. Weiss (1983) relata cultivos irrigados na Rússia e Romênia com densidades populacionais de até 60 mil plantas ha^{-1} , mas alerta que devido o uso de híbridos de porte anão, o custo da semente é alto.

A mamona é classificada entre as espécies que mais expõem o solo à erosão, pois são comuns os espaçamentos entrelinha relativamente largos e o plantio em baixas densidades populacionais, acarretando em reduzidos índices de área foliar (MARIA e RAMOS, 2007). A utilização de altas densidades populacionais aliada à configurações de espaçamentos estreitos promove melhorias nesse aspecto, aumentando o índice de área

foliarem mamona (KOTZ, 2012) e em algodão (DARAWSHEH, et al., 2009; JOST e COTHREN, 2001). As cultivares de alta produtividade e as boas estratégias de manejo são aquelas que conseguem maximizar a quantidade de radiação solar interceptada pelas folhas, sem investimento excessivo em partes vegetativas (GIFFORD et al., 1984).

A resposta da mamona à alteração da densidade populacional de plantas é complexa e envolve aspectos ecofisiológicos, pois induz a uma série de modificações no crescimento e desenvolvimento. A altura de plantas, o diâmetro do caule principal, a altura de inserção do racemo primário e a produtividade são algumas das características influenciadas pela densidade populacional de plantas (BELTRÃO et al., 2007b). As alterações no fenótipo de acordo com as alterações no ambiente são conhecidas como plasticidade fenotípica (BRADSHAW, 1965). Todas as alterações ocorridas são fisiológicas na sua origem, porém quando as alterações fisiológicas são expressas morfológicamente, pode-se chamar de plasticidade morfológica (BRADSHAW, 1965).

Ao contrário da maioria das culturas onde ocorre aumento da altura com o aumento da densidade populacional devido ao efeito clássico do estiolamento, para mamona isto não ocorre. O estiolamento de fato ocorre, caracterizado pelo aumento do comprimento dos internódios (ATAÍDE et al., 2010; GONDIM et al., 2014; SEVERINO et al., 2006a), redução do diâmetro do caule (KOTZ, 2012; SORATTO et al., 2011) e aumento da altura de inserção do racemo primário (KOTZ, 2012; GONDIM et al., 2014; SORATTO et al., 2011). Porém, isto só refletirá em aumento da altura total caso as plantas emitam o mesmo número de ramos. Frequentemente não há efeito da densidade populacional na altura das plantas (SOUZA-SCHLICK et al., 2012; SORATTO et al., 2011) e frequentemente pode ocorrer o efeito contrário, com resposta negativa da altura com o aumento da densidade populacional de plantas (SOUZA-SCHLICK et al., 2011), pois resulta na redução do número de ramos/racemos (SOUZA-SCHLICK et al., 2011; KOTZ, 2012).

As alterações morfológicas são variáveis e complexas. Neste sentido o uso da análise de crescimento é uma ferramenta importante que permite observar as respostas a novos ambientes bem como efeitos de competitividade intraespecífica. O princípio da análise é baseado no fato de que toda a produção de fotoassimilados realizada na fonte é direcionada para os drenos, sendo passível de ser quantificada pelo acúmulo de massa nos diferentes órgãos da planta (BENINCASA, 1988). Desta forma, o acúmulo sofrerá variações de acordo com as alterações no ambiente e com o genótipo utilizado.

A plasticidade fenotípica ocorre também nas características reprodutivas. Dentre as principais respostas estão a redução do número de racemos e a redução do número de frutos/grãos por racemo (SORATTO et al., 2011; SOUZA-SCHLICK et al., 2011). Estas respostas são amplamente relatadas na cultura do algodão, onde a utilização de espaçamentos estreitos e ultra-estreitos aliados ao aumento populacional é uma prática comum e viabiliza o cultivo da espécie em "safrinha", devido à antecipação da colheita, proporcionada pela redução do número de capulhos por planta (JOST e COTHREN, 2000; JOST e COTHREN, 2001; GWATHMEY e CLEMENT, 2010).

Considerando que as alterações na planta ocorrem nas estruturas vegetativas e reprodutivas, a análise da relação entre as mesmas é importante pois permite inferir aspectos da adaptabilidade da espécie a um novo ambiente. Neste sentido, o índice de colheita (IC) é uma variável importante que representa a partição dos fotoassimilados entre a parte vegetativa e reprodutiva.

O índice é calculado pela razão entre a massa de grãos em relação à massa total da planta. Aumentos do índice de colheita representam mais fotoassimilados sendo direcionados para a parte reprodutiva. Resultados indicam que redução no espaçamento entrelinhas aliada ao aumento da densidade populacional de planta aumenta o índice de colheita em mamona (KOTZ, 2012). A alocação de massa em estruturas reprodutivas em relação à massa total é um dos principais fatores determinantes da produtividade (BAZZAZ et al. 1987; GIFFORD et al., 1984).

O conhecimento do comportamento de novos híbridos de mamona de porte baixo cultivados de forma adensada poderá fornecer bases para um melhor manejo da cultura, possibilitando seu cultivo em maior escala, e, conseqüentemente, promover aumentos de produtividade e rentabilidade.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Local e período do experimento

O trabalho de pesquisa foi conduzido na safrinha de 2011 e 2012 em área irrigada na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP, Botucatu-SP, latitude 22°51'S, longitude 48°26'W e altitude de 740 m. O solo da área experimental é classificado como Nitossolo Vermelho distroférico.

Os dados meteorológicos foram obtidos da estação meteorológica do Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal instalado na Fazenda Experimental da Fazenda Lageado (Figura 1). A precipitação acumulada foi de 446 mm em 2011 e de 865 mm em 2012. Nos dados de precipitação estão contabilizadas irrigações feitas nos quatro primeiros meses para possibilitar adequado desenvolvimento. A quantidade irrigada foi de 100 mm em 2011 e 40 mm em 2012.

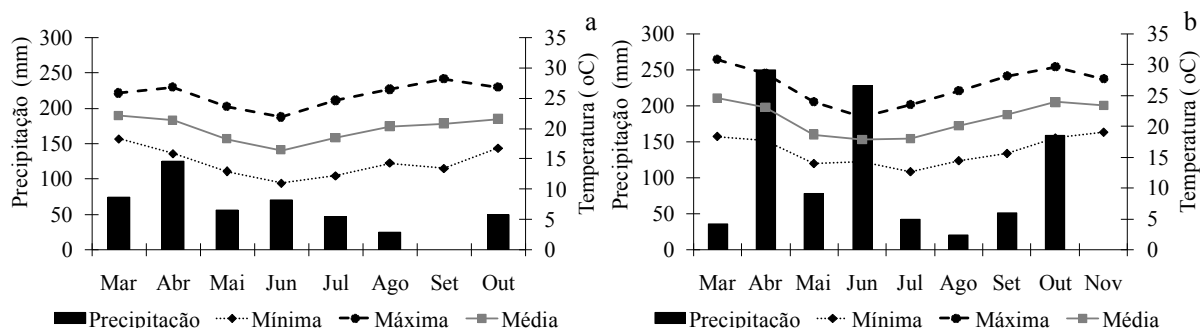


Figura 1. Precipitação pluvial, temperatura máxima, temperatura mínima e temperatura média registradas na área experimental, no período de março a outubro de 2011 e março a novembro de 2012. Botucatu-SP.

5.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, em esquema fatorial 3x3, com quatro repetições. O primeiro fator foi constituído por dois híbridos do Programa de Melhoramento de Mamona da UNESP-FCA e a cultivar comercial IAC 2028. O segundo fator foi composto por três densidades populacionais, sendo de 20, 40 e 80 mil plantas ha⁻¹, totalizando 36 unidades experimentais.

Para a análise de crescimento o delineamento experimental foi de blocos ao acaso em esquema fatorial com parcelas subdivididas 3x3x5. O fatorial 3x3 correspondente aos genótipos e densidades populacionais foi considerado como parcela e as coletas foram consideradas como subparcela. As coletas foram realizadas aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias após a emergência (DAE).

No ano de 2011, os híbridos utilizados foram denominados Híbrido 1 (H1) e Híbrido 2 (H2). Em 2011, algumas linhagens foram eliminadas do Programa de Melhoramento de Mamona da UNESP-FCA, dentre elas, os parentais dos respectivos Híbrido 1 e Híbrido 2. Desta forma, no ano de 2012 foram utilizadas outros híbridos, denominados Híbrido 3 (H3) e Híbrido 4 (H4). A cultivar IAC 2028 foi utilizada nos dois anos de cultivo. Os tratamentos serão eventualmente descritas de forma simplificada:

- **H1 20** - Híbrido 1 na densidade populacional de 20 mil plantas ha⁻¹;
- **H1 40** - Híbrido 1 na densidade populacional de 40 mil plantas ha⁻¹;
- **H1 80** - Híbrido 1 na densidade populacional de 80 mil plantas ha⁻¹;
- **H2 20** - Híbrido 2 na densidade populacional de 20 mil plantas ha⁻¹;
- **H2 40** - Híbrido 2 na densidade populacional de 40 mil plantas ha⁻¹;
- **H2 80** - Híbrido 2 na densidade populacional de 80 mil plantas ha⁻¹;
- **H3 20** - Híbrido 3 na densidade populacional de 20 mil plantas ha⁻¹;
- **H3 40** - Híbrido 3 na densidade populacional de 40 mil plantas ha⁻¹;
- **H3 80** - Híbrido 4 na densidade populacional de 80 mil plantas ha⁻¹;
- **H4 20** - Híbrido 4 na densidade populacional de 20 mil plantas ha⁻¹;
- **H4 40** - Híbrido 4 na densidade populacional de 40 mil plantas ha⁻¹;
- **H4 80** - Híbrido 4 na densidade populacional de 80 mil plantas ha⁻¹;
- **IAC 20** - cultivar IAC 2028 na densidade populacional de 20 mil plantas ha⁻¹.
- **IAC 40** - cultivar IAC 2028 na densidade populacional de 40 mil plantas ha⁻¹;
- **IAC 80** - cultivar IAC 2028 na densidade populacional de 80 mil plantas ha⁻¹;

5.3 Instalação e condução do experimento

As parcelas experimentais foram constituídas por quatro linhas espaçadas por 0,45 m, contendo 16 plantas por linha. As densidades populacionais de 20, 40 e 80 mil plantas ha^{-1} foram obtidas com a semeadura nos espaçamentos de 1,11, 0,55 e 0,28 m entre plantas, respectivamente. As parcelas possuíam largura de 1,8 m e comprimentos de 17,8, 8,8 e 4,5 m de comprimento para as densidades populacionais de 20, 40 e 80 mil plantas ha^{-1} , respectivamente.

Antes da implantação do experimento foram determinadas as características químicas do solo na profundidade de 0 a 0,2 m (RAIJ et al., 2001). As análises foram realizadas no Laboratório de Relação Solo-Planta do Departamento de Agricultura da UNESP-FCA (Tabela 1).

A adubação de semeadura foi realizada mecanicamente nas doses de 16, 56 e 32 kg ha^{-1} de N, P_2O_5 e K_2O , respectivamente. Foi realizada cobertura com 30 kg ha^{-1} de K_2O , na forma de cloreto de potássio, e 45 kg ha^{-1} de N, na forma de uréia, aos 30 DAE. A semeadura foi realizada no dia 14/03 em 2011 e dia 19/03 em 2012, de forma manual utilizando três sementes por cova. A emergência ocorreu no dia 24/03 em 2011 e dia 28/03 em 2012. O raleio foi realizado aos 12 DAE, deixando uma planta por cova. As colheitas foram realizadas nos dias 30/08, 16/09 e 07/10 em 2011 e dias 30/09, 18/10 e 06/11 em 2012.

Tabela 1. Análise química da área experimental. Botucatu-SP.

Ano	pH (CaCl_2)	Ca^{2+} -----	Mg^{2+} -----	K^+ -----	H+Al mmolc dm^{-3} -----	SB -----	CTC -----	V%	P resina mg dm^{-3}	M.O. g dm^{-3}
2011	4,8	31	16	1,8	62	49	110	44	25	20
2012	4,4	23	8	1,8	81	33	113	29	31	32

5.4 Avaliações

Foram avaliadas variáveis de crescimento, características agrônômicas, componentes da produção, produtividade de grãos e teor de óleo. As medidas

destrutivas foram realizadas em duas plantas por parcela, a partir de uma extremidade da parcela. As plantas vizinhas às coletadas não foram aproveitadas, mas serviram como bordadura para as plantas da próxima coleta. A colheita foi realizada na outra extremidade da parcela, considerando oito plantas úteis. As avaliações de altura e diâmetro de caule foram realizadas nas duas plantas que seriam coletadas e nas plantas reservadas para a colheita (Figura 2).

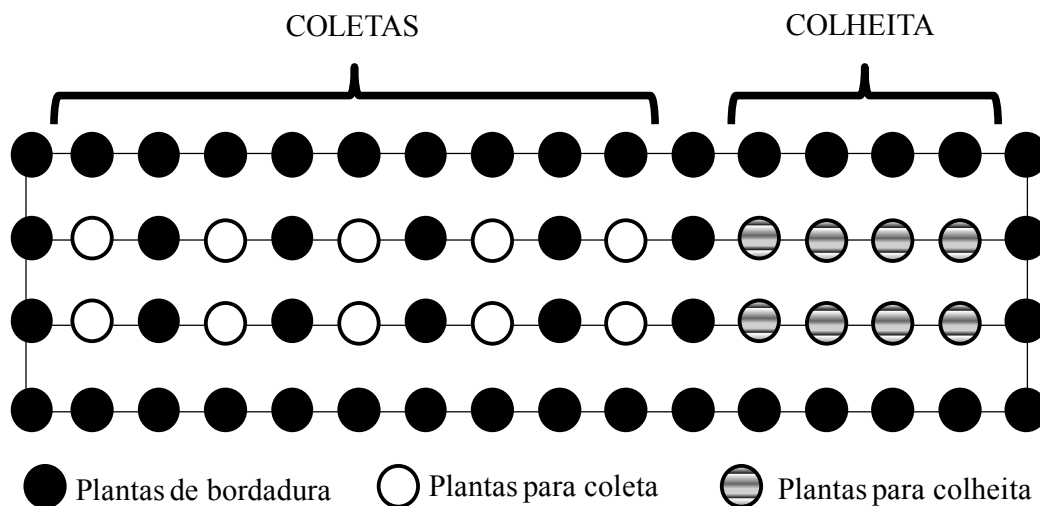


Figura 2. Configuração da unidade experimental. Botucatu-SP.

5.4.1 Variáveis de crescimento

As coletas para a análise de crescimento foram realizadas em cinco épocas, coletando duas plantas por unidade experimental. Em cada época foram determinadas as seguintes variáveis:

- Altura de plantas

A altura total das plantas foi medida com régua graduada, considerando a distância vertical do solo até o ponto mais alto da planta.

- Diâmetro do caule

O diâmetro do caule foi determinado no primeiro internódio da planta, com paquímetro digital.

- Acúmulo e partição da massa de matéria seca

A massa de matéria seca (MMS) foi determinada para os seguintes órgãos: limbo das folhas do caule primário, caule primário, racemo primário, limbo das folhas de ordem superior, caule dos racemos de ordem superior, racemos de ordem superior e planta inteira. Os pecíolos foram coletados separadamente mas foram considerados na massa de matéria seca total. Na análise dos dados, apenas a massa de matéria seca total foi considerada porque a análise das estruturas por ordem nem sempre é possível. Por exemplo, as folhas terciárias só iniciam seu desenvolvimento entre os 60 e 90 DAE para os híbridos.

Mediu-se a área foliar e então os materiais coletados foram separados, acondicionados em sacos de papel e submetidos à secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65° C até atingir peso constante, em aproximadamente 72 horas. Após a secagem foi determinada a massa de matéria seca das amostras em balança analítica.

- Área foliar

Os limbos foliares do caule principal e os referentes ao caule dos racemos de ordem superior foram levados ao laboratório para a determinação da área foliar com auxílio do equipamento AREA METER, modelo LI-3100. Após esse procedimento, as folhas foram acondicionadas em sacos de papel e submetidas à secagem em estufa para determinação da massa de matéria seca das folhas.

5.4.2 Características agronômicas, componentes de produção, produtividade e teor de óleo

Foram registrados os dias para florescimento do racemo primário e dias para florescimento dos racemos secundários.

No final do ciclo da cultura foram realizadas as seguintes avaliações, considerando 8 plantas úteis por unidade experimental:

- Número de nós até a inserção do racemo primário

Foi realizada a contagem do número de nós até a inserção do racemo primário.

- Número de racemos por planta

Foram contados todos os racemos emitidos nas plantas úteis divididos pelo número de plantas.

Após a determinação dessas variáveis no campo, foram colhidos todos os racemos das plantas úteis separando os racemos primários e os racemos de ordem superior. Em seguida foram realizadas as seguintes avaliações:

- Número de grãos por racemo

Os frutos foram trilhados para contagem do número total de grãos utilizando contador automático SEEDBURO modelo 801 Count-A-Pak.

- Massa de 100 grãos

A variável peso de grãos por racemo foi dividida pelo número de grãos por racemo e posteriormente multiplicada por 100 para obter o valor de massa de 100 grãos.

- Produtividade de grãos

Com os valores de peso de grãos totais, correspondente às 10 plantas úteis, utilizados no cálculo do peso de grãos por racemo, foi calculada a produtividade em kg ha^{-1} , corrigida para 13% de umidade.

- Teor de óleo

Foi retirada uma amostra de grãos por parcela para determinação do teor de óleo por ressonância magnética nuclear (RMN), que foram realizadas na Embrapa Centro Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento da Instrumentação Agropecuária (CNPDIA), em São Carlos-SP.

- Índice de colheita

O índice de colheita (IC) foi determinado pela razão entre a massa de matéria seca da parte aérea (incluindo os grãos) e a matéria seca dos grãos. Calculado pela equação:

$$IC = (MSg) / (MS)$$

Em que:

IC = índice de colheita;

MS = massa seca da parte aérea;

MSg = massa de matéria seca de grãos.

5.5 Análise dos dados

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F. As médias referentes às datas de coleta foram submetidas à análise de regressão e as médias referentes à densidades populacionais e genótipos foram submetidas ao teste de Tukey, a 5% de significância.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Análise de crescimento

6.1.1 Probabilidades do teste F

A análise de crescimento no ano de 2011 apresentou interação tripla de genótipos, densidade populacional e coletas para todas as variáveis analisadas, com exceção da massa de racemo por planta (Tabela 2 e 3).

Tabela 2. Probabilidade do teste F para massa de matéria seca de caule, folha, racemo e total, em função de genótipos, densidades populacionais de plantas e coletas, em 2011. Botucatu-SP.

FV	Caule	Folha	Racemo	Total
Bloco	0,475	0,146	0,073	0,410
Genótipo (G)	<0,001	<0,001	<0,001	0,002
Densidade populacional (P)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
G x P	0,002	<0,001	0,127	0,014
Coleta	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Coleta x G	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Coleta x P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Coleta x G x P	<0,001	<0,001	0,794	0,002
CV 1 (%) ¹	41,22	39,56	41,37	34,00
CV 2 (%) ²	26,11	27,28	42,71	24,82

¹ Parcela

² Sub-parcela

Tabela 3. Probabilidade do teste F para área foliar, altura de plantas e diâmetro do caule, em função de genótipos, densidades populacionais de plantas e coletas, em 2011. Botucatu-SP.

FV	Área foliar	Altura	Diâmetro do caule
Bloco	0,320	0,381	0,012
Genótipo (G)	<0,001	<0,001	<0,001
Densidade populacional (P)	<0,001	0,003	<0,001
G x P	<0,001	0,071	0,106
Coleta	<0,001	<0,001	<0,001
Coleta x G	<0,001	<0,001	<0,001
Coleta x P	<0,001	<0,001	<0,001
Coleta x G x P	<0,001	0,031	<0,001
CV 1 (%)	35,61	15,92	9,19
CV 2 (%)	27,92	5,48	3,58

¹ Parcela

² Sub-parcela

A análise de crescimento no ano de 2012 apresentou interação tripla de genótipos, densidade populacional e coletas para todas as variáveis, com exceção da altura e diâmetro de caule (Tabela 4 e 5).

Tabela 4. Probabilidade do teste F para massa de matéria seca de caule, folha, racemo e total em função de genótipos, densidades populacionais de plantas e coletas, em 2012. Botucatu-SP.

FV	Caule	Folha	Racemo	Total
Bloco	0,882	0,822	0,647	0,824
Genótipo (G)	0,007	<0,001	<0,001	0,953
Densidade populacional (P)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
G x P	0,229	0,012	0,004	0,656
Coleta	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Coleta x G	<0,001	<0,001	<0,001	0,054
Coleta x P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Coleta x G x P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
CV 1 (%)	28,70	35,30	32,00	27,79
CV 2 (%)	14,17	14,03	18,31	11,88

¹ Parcela

² Sub-parcela

Tabela 5. Probabilidade do teste F para área foliar, altura de plantas e diâmetro do caule, em função de genótipos, densidades populacionais de plantas e coletas, em 2012. Botucatu-SP.

FV	Área foliar	Altura	Diâmetro do caule
Bloco	0,898	0,502	0,538
Genótipo (G)	0,011	0,257	<0,001
Densidade populacional (P)	<0,001	0,193	<0,001
G x P	0,008	0,456	0,215
Coleta	<0,001	<0,001	<0,001
Coleta x G	<0,001	<0,001	<0,001
Coleta x P	<0,001	<0,001	<0,001
Coleta x G x P	<0,001	0,232	0,286
CV 1 (%)	31,62	10,75	9,98
CV 2 (%)	13,17	3,45	3,18

¹ Parcela

² Sub-parcela

6.1.2 Massa de matéria seca de caule

A massa de caule apresentou comportamento semelhante para todos os tratamentos com híbridos e para a cultivar IAC 2028 na densidade populacional de 20 mil plantas ha⁻¹ em 2011 (Figura 3). Para todos esses tratamentos houve decréscimo da matéria seca ao final do período avaliado, provocado pela remobilização de fotoassimilados. O carbono fixado em uma célula-fonte pode ser usado tanto para transporte, metabolismo ou para armazenamento, sendo o amido a principal forma de reserva, armazenado nos cloroplastos (TAIZ e ZAIGER, 2004). Os fotoassimilados armazenados no caule podem ser remobilizados para outras partes da planta. Neste momento o caule passa a ser considerado um órgão fonte, remobilizando fotoassimilados para drenos como os grãos (MAGALHÃES e JONES, 1992).

A massa de matéria seca de caule foi menor nas maiores densidades populacionais para todos os genótipos (Figura 3c, 3f e 3i). Porém, nota-se que a redução foi mais intensa na cultivar IAC 2028, que possuía, na densidade populacional de 20 mil plantas ha⁻¹, aproximadamente o dobro da massa dos híbridos (Figura 3a, 3d e 3g).

Outro comportamento interessante foi a distribuição em relação às ordens. Para todos os tratamentos com 80 mil plantas ha⁻¹ e para todas as densidades

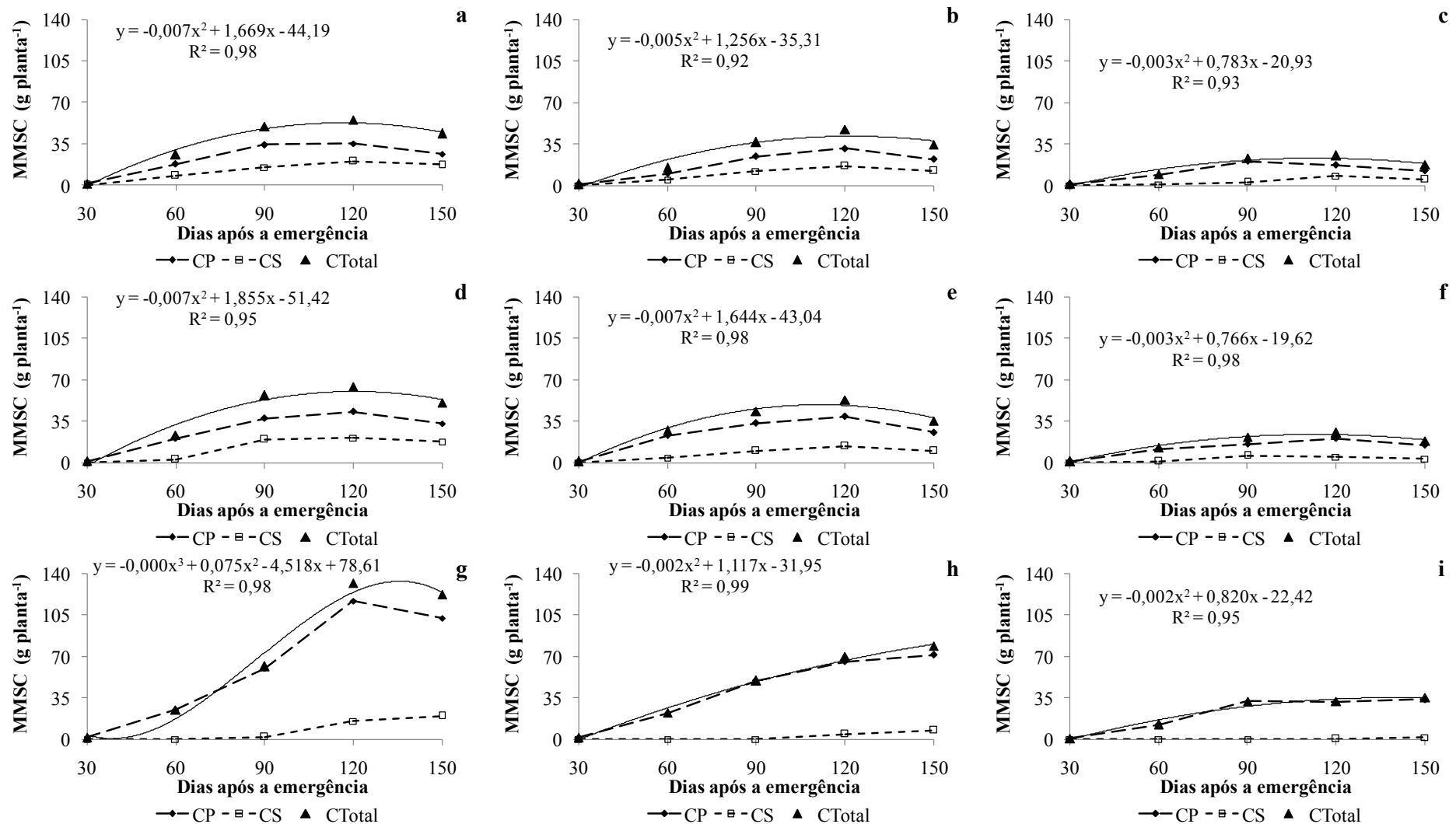


Figura 3. Massa de matéria seca de caule (MMSC) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas. (a) H1 20; (b) H1 40; (c) H1 80; (d) H2 20; (e) H2 40; (f) H2 80; (g) IAC 20; (h) IAC 40; (i) IAC 80. CP - caule primário; CS - caule secundário; CTotal - caule total, em 2011. Botucatu-SP.

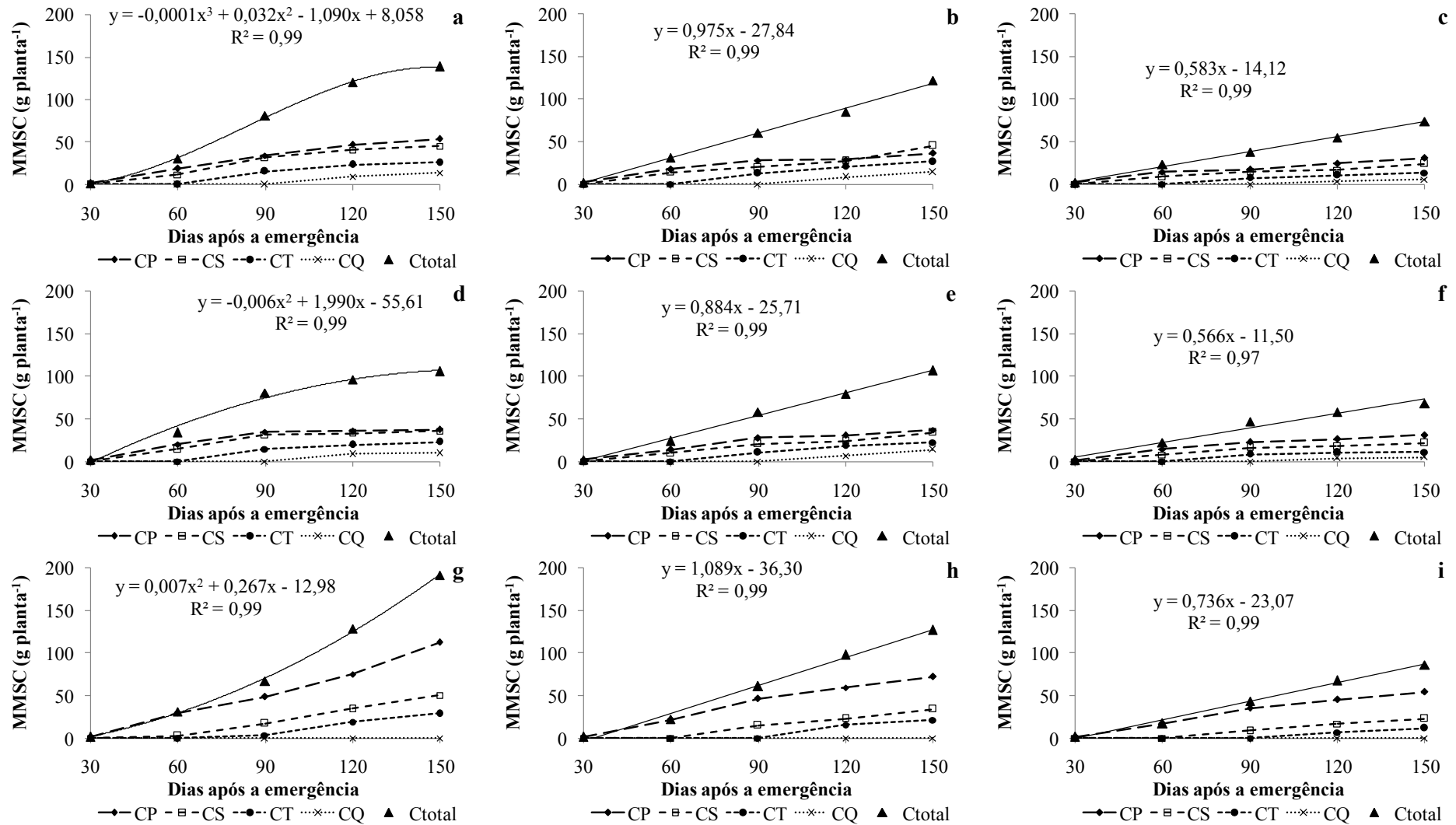


Figura 4. Massa de matéria seca de caule (MMSC) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas. (a) H3 20; (b) H3 40; (c) H3 80; (d) H4 20; (e) H4 40; (f) H4 80; (g) IAC 20; (h) IAC 40; (i) IAC 80. CP - caule primário; CS - caule secundário; CT - caule terciário; CQ - caule quaternário; Ctotal - caule total, em 2012. Botucatu-SP.

populacionais da cultivar IAC 2028 a contribuição do caule secundário foi pequena. Quando analisa-se a distribuição entre as densidades populacionais 20 e 40 mil plantas ha^{-1} nos híbridos, pode-se notar maior contribuição das estruturas secundárias (Figura 3a, 3b, 3d e 3e).

O acúmulo de massa de matéria seca de caule foi maior no ano de 2012 comparado com 2011, em função da maior pluviosidade. Os híbridos desenvolveram até caules de ordem quaternária (Figura 4). Além de apresentar maior massa de matéria seca de caule, o acúmulo foi crescente até os 150 DAE. Esse comportamento ocorreu para todas as ordens de caule. Em 2011, a redução na massa de matéria seca total foi reflexo da redução na massa de matéria seca dos caules de ordem primária. Considerando que houve menor disponibilidade hídrica em 2011 e o ciclo foi reduzido em aproximadamente 30 dias, sugere-se que a planta tenha remobilizado as reservas para os grãos, primeiramente a partir dos caules de ordem primária. Machado et al. (2002) avaliaram remobilização de reservas em dois híbridos de milho sob deficiência hídrica após a floração (11 dias com potencial hídrico de 0,5 MPa) e observaram redução da massa de caule somente nos tratamentos com deficiência hídrica. Houve também maior remobilização de açúcares solúveis e nitrogênio dos caules nos tratamentos com deficiência hídrica.

6.1.3 Massa de matéria seca de folhas

A massa seca de folhas em 2011 apresentou o mesmo padrão para todos os genótipos e densidades populacionais, ocorrendo aumento da massa em decorrência da emissão de novas folhas bem como do crescimento das mesmas e, posteriormente ocorrendo a redução da massa em função da senescência e queda das folhas (Figura 5).

A massa seca de folhas no ano de 2012 se diferenciou do ano de 2011, apresentando de forma geral estabilização da massa até os 150 DAE (Figura 6), com exceção dos tratamentos Híbrido 4 com 40 mil plantas ha^{-1} (Figura 6e) e da cultivar IAC 2028 com 20 mil plantas ha^{-1} (Figura 6g), que apresentaram acúmulo crescente. Considerando somente as folhas primárias e secundárias o comportamento seria praticamente o mesmo do observado no ano de 2011. No entanto, a maior disponibilidade

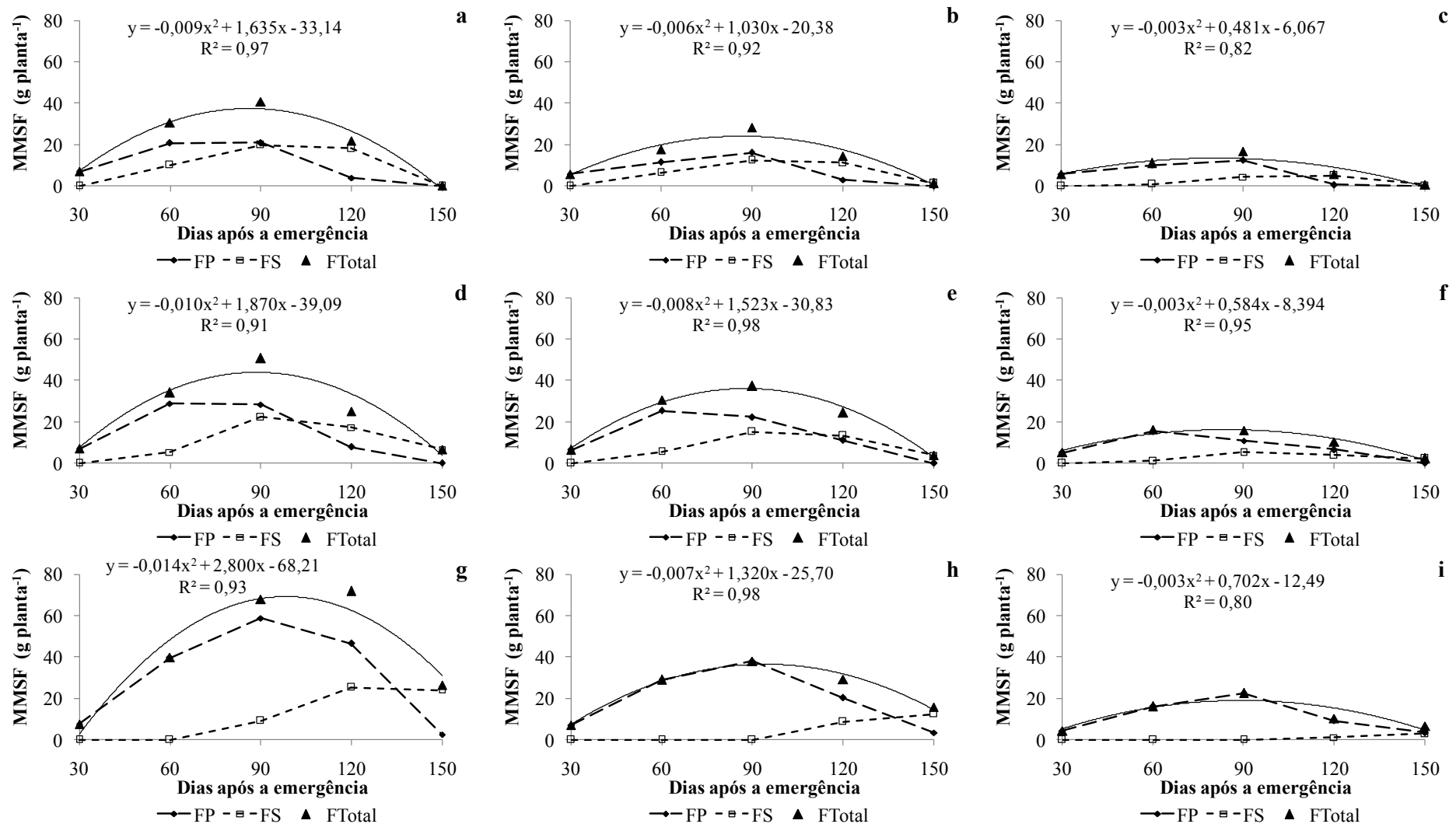


Figura 5. Massa de matéria seca de folha (MMSF) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas. (a) H1 20; (b) H1 40; (c) H1 80; (d) H2 20; (e) H2 40; (f) H2 80; (g) IAC 20; (h) IAC 40; (i) IAC 80. FP - folha primária; FS - folha secundária; FTotal - folha total, em 2011. Botucatu-SP.

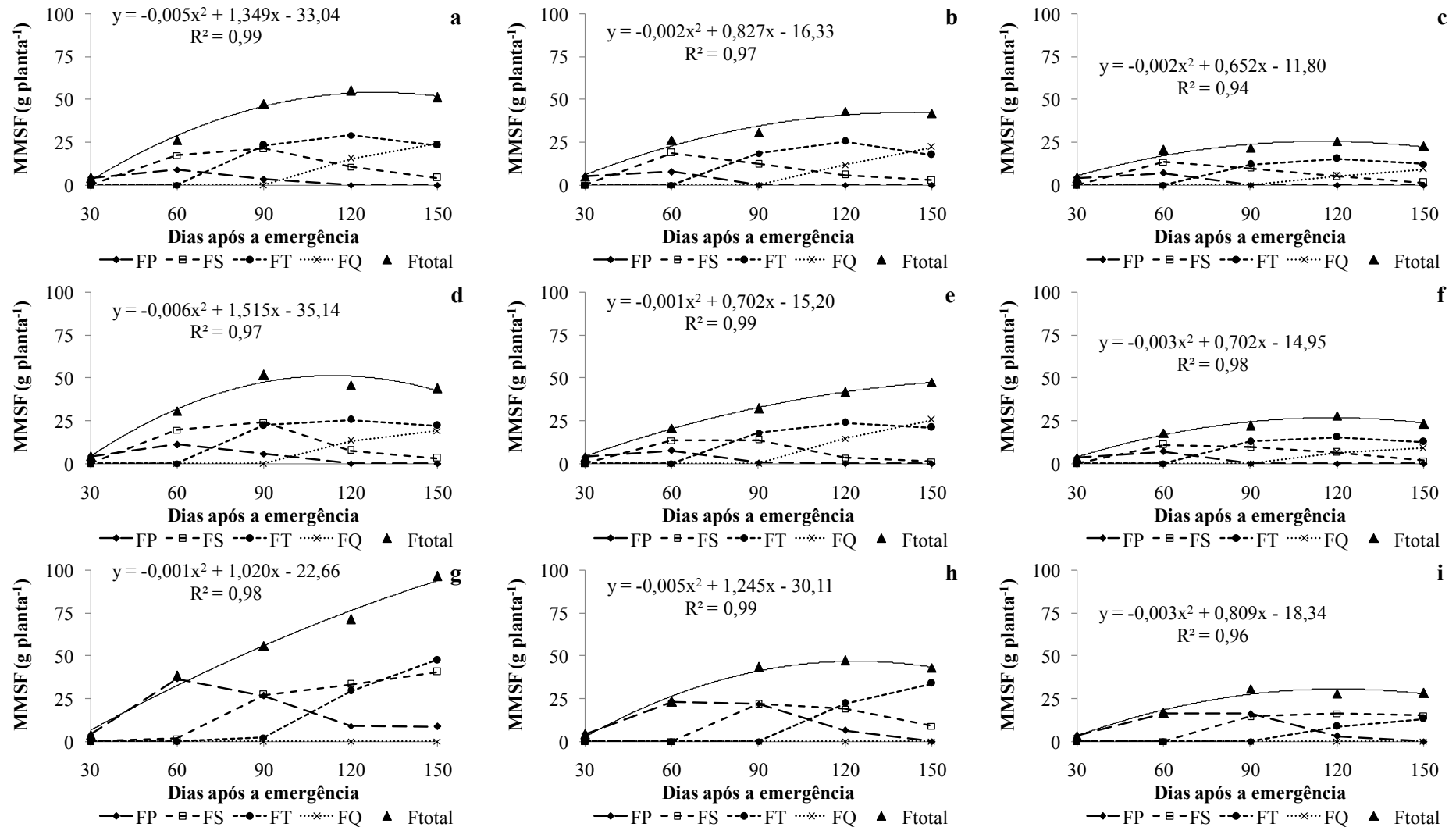


Figura 6. Massa de matéria seca de folha (MMSF) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas. (a) H3 20; (b) H3 40; (c) H3 80; (d) H4 20; (e) H4 40; (f) H4 80; (g) IAC 20; (h) IAC 40; (i) IAC 80. FP - folha primária; FS - folha secundária; FT - folha terciária; FQ - folha quaternária; Ftotal - folha total, em 2012. Botucatu-SP.

hídrica proporcionou o desenvolvimento de estruturas de ordem superior, sendo que as folhas terciárias e quaternárias mantiveram o acúmulo da massa total de folhas até o fim do período avaliado. Uma das hipóteses na concepção do projeto era de que sob altas densidades populacionais a planta se desenvolveria semelhantemente a uma cultura anual, terminando o ciclo. De certa forma isso aconteceu no ano de 2011, porém devido à menor disponibilidade de água.

A emissão de estruturas terciárias e quaternárias reduziu o tempo de vida das folhas primárias e secundárias em 2012. Nos híbridos, as folhas primárias praticamente não estavam mais presentes aos 90 DAE (Figura 6), enquanto que em 2011 nesta mesma época as folhas primárias estavam ainda próximas do ponto de maior acúmulo (Figura 5). O desenvolvimento de estruturas de ordem superior aumenta a força do dreno vegetativo, além de sombrear as estruturas primárias. Isso leva a redução da vida útil da folha e prejudica o acúmulo de fotoassimilados no racemo primário. Fioreze et al. (2010) avaliaram o efeito da desbrota de estruturas secundárias em mamona e observou aumento no comprimento do racemo primário, evidenciando o efeito de dreno causado pelas estruturas de ordem superior.

6.1.4 Massa de matéria seca de racemo

A massa de matéria seca de racemos por planta em 2011 apresentou grandes diferenças entre as densidades populacionais (Figura 7), sendo que a menor densidade populacional apresentou os maiores acúmulos. Em relação aos genótipos o acúmulo total foi semelhante, porém o Híbrido 1 (Figura 7d) apresentou estabilização da massa de matéria seca aos 150 DAE enquanto que o Híbrido 2 e a cultivar IAC 2028 mantiveram aumento crescente no acúmulo da massa de matéria seca de racemos por planta. Isso foi mais intenso na cultivar IAC 2028 em função do ciclo mais longo em relação aos híbridos. Outro comportamento de destaque foi o reduzido crescimento do racemo secundário na densidade populacional de 80 mil plantas ha⁻¹ e na cultivar IAC 2028 (Figura 7c e 7f).

Em 2012 a massa de matéria seca de racemos por planta apresentou acúmulo crescente até os 150 DAE para todos os tratamentos (Figura 8), com destaque para as menores densidades populacionais, que apresentaram maiores acúmulos (Figura 8a,

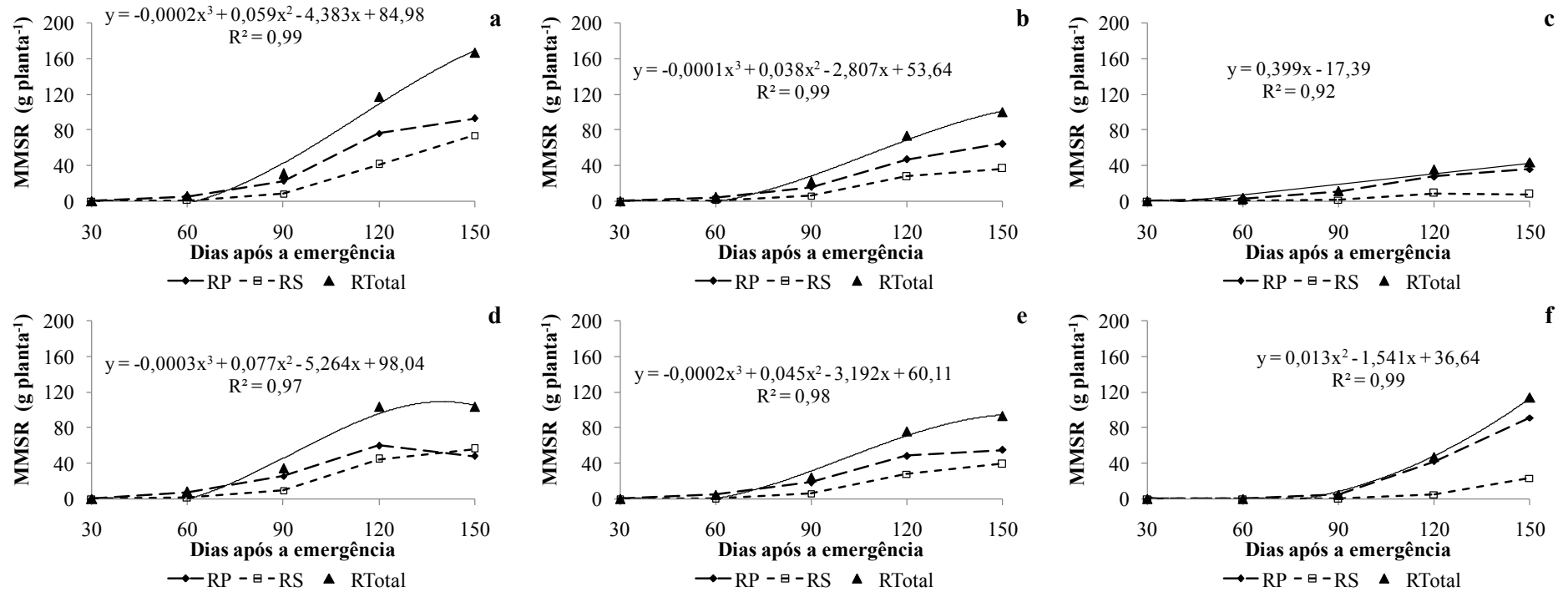


Figura 7. Massa de matéria seca de racemo (MMSR) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas. (a) 20 mil plantas ha⁻¹; (b) 40 mil plantas ha⁻¹; (c) 80 mil plantas ha⁻¹; (d) Híbrido 1; (e) Híbrido 2; (f) IAC 2028. RP - racemo primário; RS - racemo secundário; RTotal - racemo total, em 2011. Botucatu-SP.

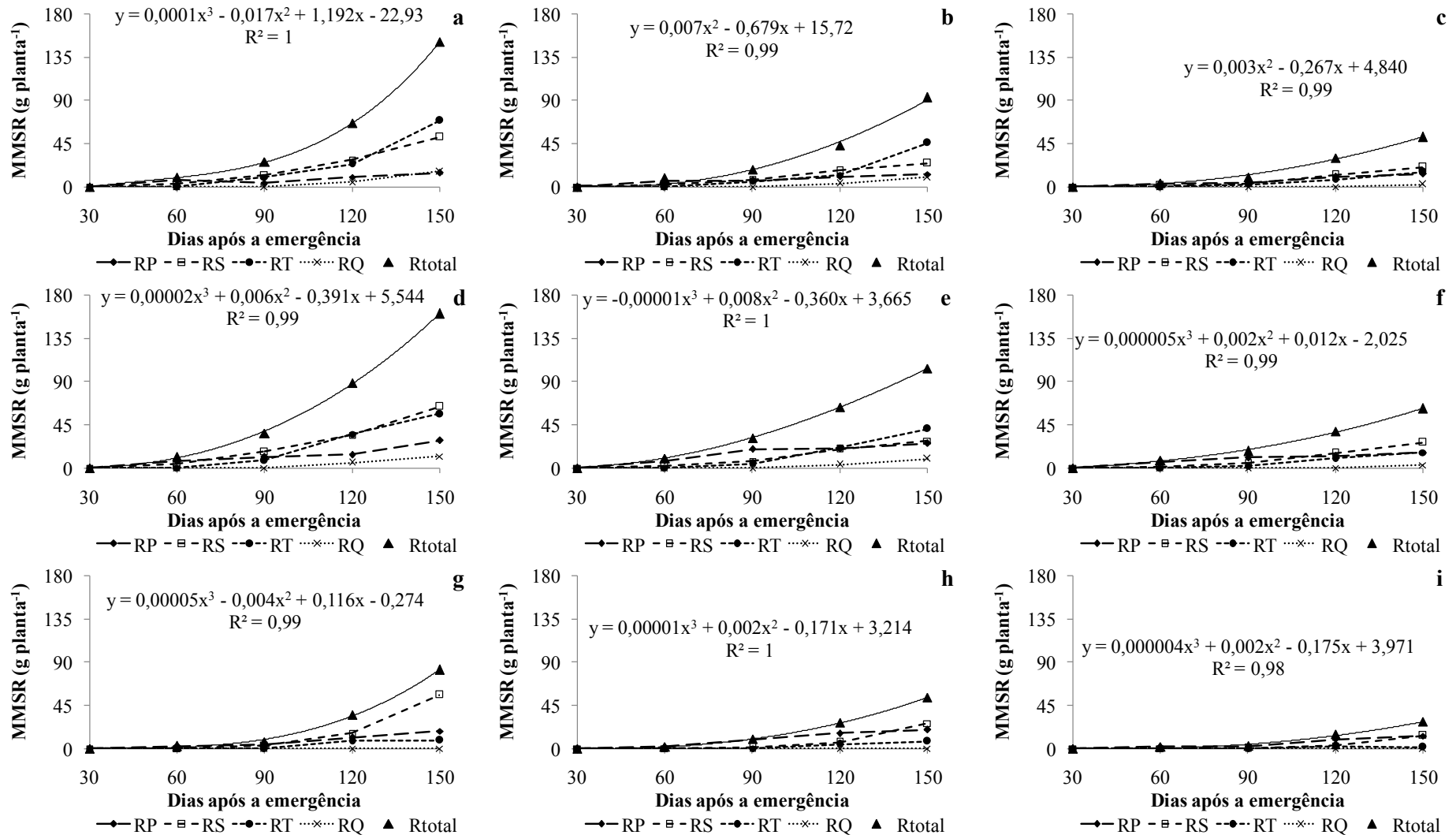


Figura 8. Massa de matéria seca de racemo (MMSR) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas. (a) H3 20; (b) H3 40; (c) H3 80; (d) H4 20; (e) H4 40; (f) H4 80; (g) IAC 20; (h) IAC 40; (i) IAC 80. RP - racemo primário; RS - racemo secundário; RT - racemo terciário; RQ - racemo quaternário; RTotal - racemo total, em 2012. Botucatu-SP.

8d e 8g). Kotz (2012) avaliando densidades populacionais de plantas da cultivar IAC 2028 em safrinha (50 a 95 mil plantas ha^{-1}) com espaçamento adensado (0,45 m entre linhas), comparados com um tratamento controle (25 mil plantas ha^{-1} x 0,90 m entre linhas) observou maior massa seca de racemos nas menores densidades populacionais. Entre os genótipos os híbridos apresentaram maior acúmulo devido à precocidade desses materiais.

6.1.5 Massa de matéria seca total

A massa de matéria seca total por planta em 2011 apresentou, na maioria dos tratamentos, estabilização do acúmulo aos 150 DAE (Figura 9), com exceção das densidades populacionais de 40 e 80 mil plantas ha^{-1} para a cultivar IAC 2028 (Figura 9h e 9i). Estes dois últimos tratamentos apresentaram acúmulo linear até os 150 DAE. Isso ocorreu possivelmente devido ao ciclo mais longo da cultivar e por um efeito supressivo nas maiores densidades populacionais, atrasando o crescimento das plantas. Outro comportamento diferenciado pode ser observado no Híbrido 2, que apresentou taxas de crescimento mais uniforme durante o ciclo (Figura 9d, 9e e 9f). Já o Híbrido 1 e a cultivar IAC 2028 com 20 mil plantas ha^{-1} apresentaram taxas altas de crescimento entre os 60 e os 120 DAE (Figura 9a, 9b, 9c e 9g). Isso pode ser um indicativo de precocidade no crescimento do Híbrido 2.

A massa seca total em 2012 apresentou padrão linear crescente até o fim do período avaliado em todos os tratamentos (Figura 10), mostrando que se não houver restrição hídrica, a cultura da mamona mantém o crescimento bem como o desenvolvimento. Devido à maior disponibilidade de área, as plantas na menor densidade populacional (20 mil plantas ha^{-1}) apresentaram o maior crescimento individual (Figura 10a, 10d e 10g).

De maneira geral, observou-se que a principal diferença entre os genótipos ocorre na menor densidade populacional, de 20 mil plantas ha^{-1} . Nesta densidade populacional a cultivar IAC 2028 sempre apresentou maior crescimento do que os híbridos, para todos os órgãos, com exceção da massa seca de racemos (Figura 3, 4, 5, 6, 9 e 10). Quando é analisado o acúmulo aos 150 DAE nas densidades populacionais de 40 mil e, principalmente, 80 mil plantas ha^{-1} , percebe-se que os valores são praticamente iguais

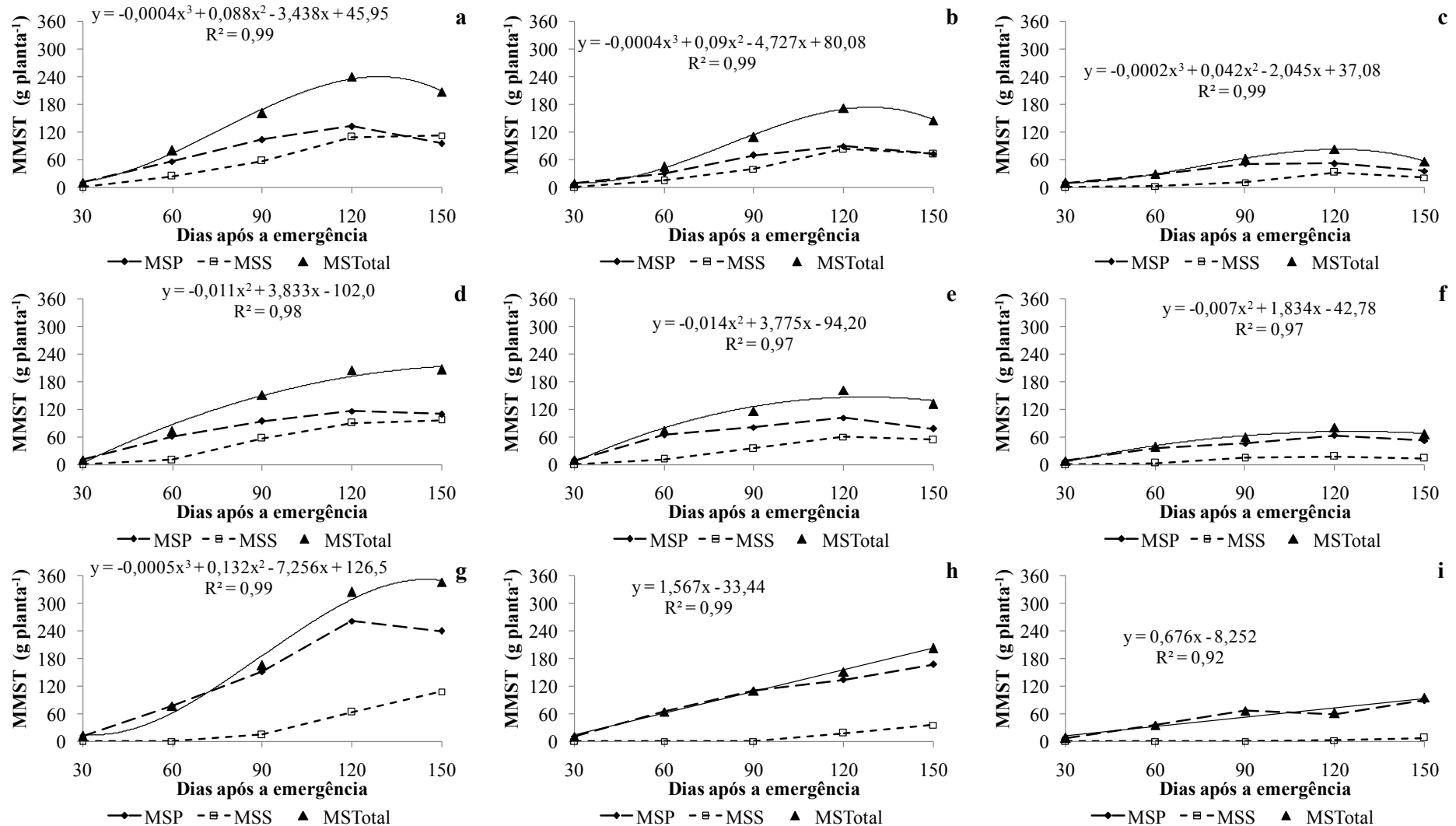


Figura 9. Massa de matéria seca total (MMST) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas. (a) H1 20; (b) H1 40; (c) H1 80; (d) H2 20; (e) H2 40; (f) H2 80; (g) IAC 20; (h) IAC 40; (i) IAC 80. MSP - massa seca primária; MSS - massa seca secundária; MSTotal - massa seca total, em 2011. Botucatu-SP.

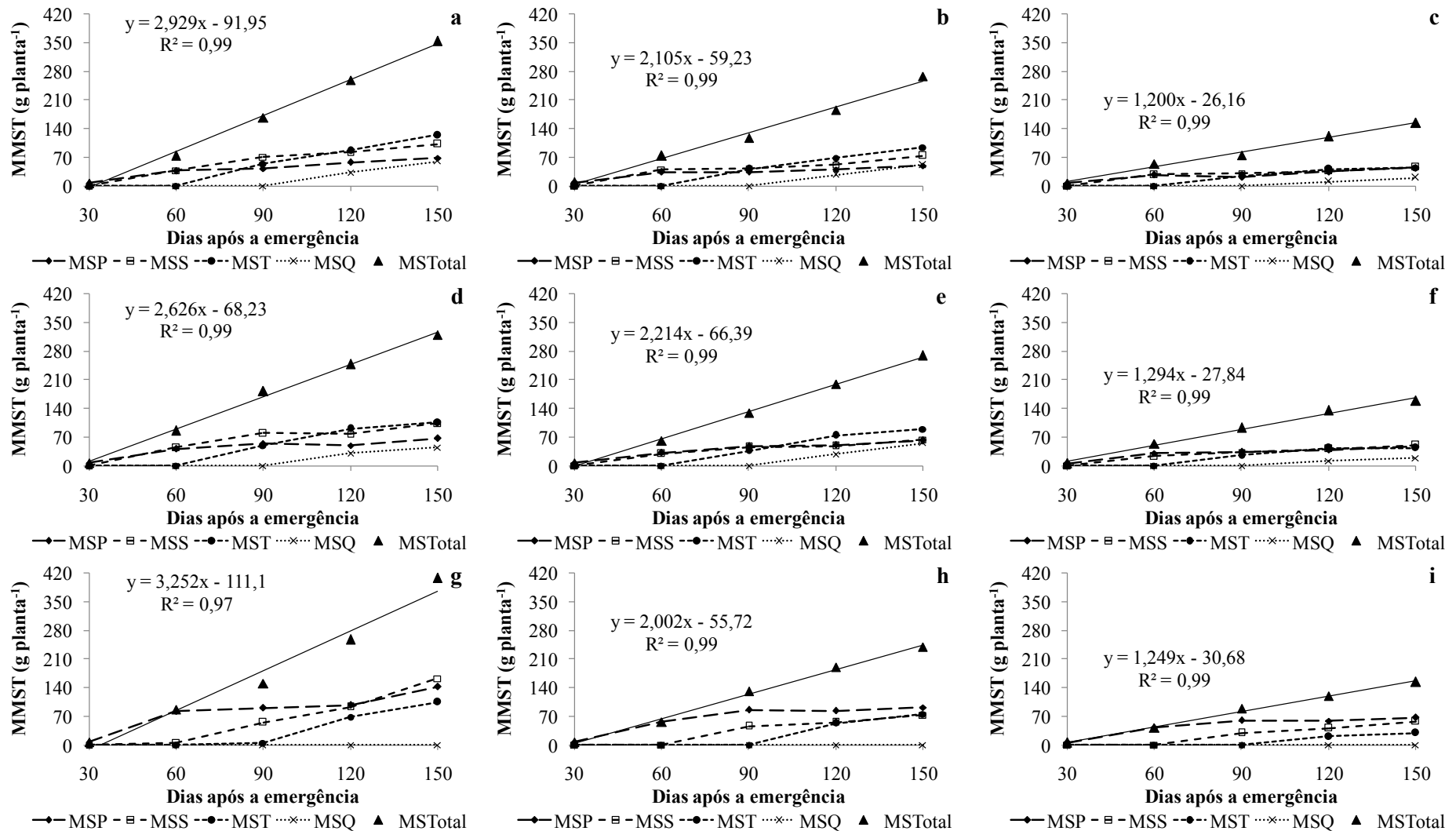


Figura 10. Massa de matéria seca total (MMST) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas. (a) H3 20; (b) H3 40; (c) H3 80; (d) H4 20; (e) H4 40; (f) H4 80; (g) IAC 20; (h) IAC 40; (i) IAC 80. MSP - massa seca primária; MSS - massa seca secundária; MST - massa seca terciária; MSQ - massa seca quaternária; MSTotal - massa seca total, em 2012. Botucatu-SP.

entre os genótipos. Isto significa que devido ao maior porte, a redução do crescimento é mais intensa na cultivar IAC 2028.

6.1.6 Área foliar

A área foliar apresentou respostas similares às observadas para massa de matéria seca de folha nos dois anos de condução do experimento. Analisando os resultados de 2011 os maiores valores de área foliar foram observados nas menores densidades populacionais (Figura 11a, 11d e 11g). Kotz (2012) observou maior número de folhas no tratamento com a menor densidade populacional de plantas nos dois anos de cultivo. O maior número de folhas emitidas resultou em maior área foliar e também em maior massa de folhas por planta. Entre os genótipos a cultivar IAC 2028 foi superior aos híbridos (Figura 11g, 11h e 11i). Os híbridos apresentaram maior área foliar secundária do que a cultivar IAC 2028 devido à precocidade dos materiais.

As condições climáticas favoreceram o maior crescimento das folhas em 2012 devido ao desenvolvimento de estruturas terciárias e quaternárias (Figura 12). Destaca-se a cultivar IAC 2028 na densidade populacional de 20 mil plantas ha⁻¹, onde apresentou área foliar crescente até os 150 DAE, devido à expansão crescente das folhas secundárias e terciárias (Figura 12g).

Observando somente as folhas primárias, pode-se perceber que a área foliar foi menor e permaneceu na planta por menos tempo em 2012 do que em 2011. Em boas condições ambientais, a planta emite novas ramificações, que são drenos vegetativos, e estas sombreiam as folhas primárias. É incerto dizer qual desses fatores é o principal na senescência das folhas primárias, uma vez que ambos ocorrem simultaneamente. Segundo Severino e Auld (2013a), a planta regula o tempo de vida da folha baseado em respostas evolutivas e uma longa vida de folha somente seria vantajosa se esta pudesse manter alta capacidade fotossintética. A limitação de luz é um dos fatores que influenciam a senescência (LIM et al., 2007). Então, sob uma condição de sombreamento e baixa atividade fotossintética, a planta lança mão da estratégia chamada morte celular programada, que possui um tipo específico quando se trata da senescência da folha. Uma das funções biológicas da morte celular programada está em promover a

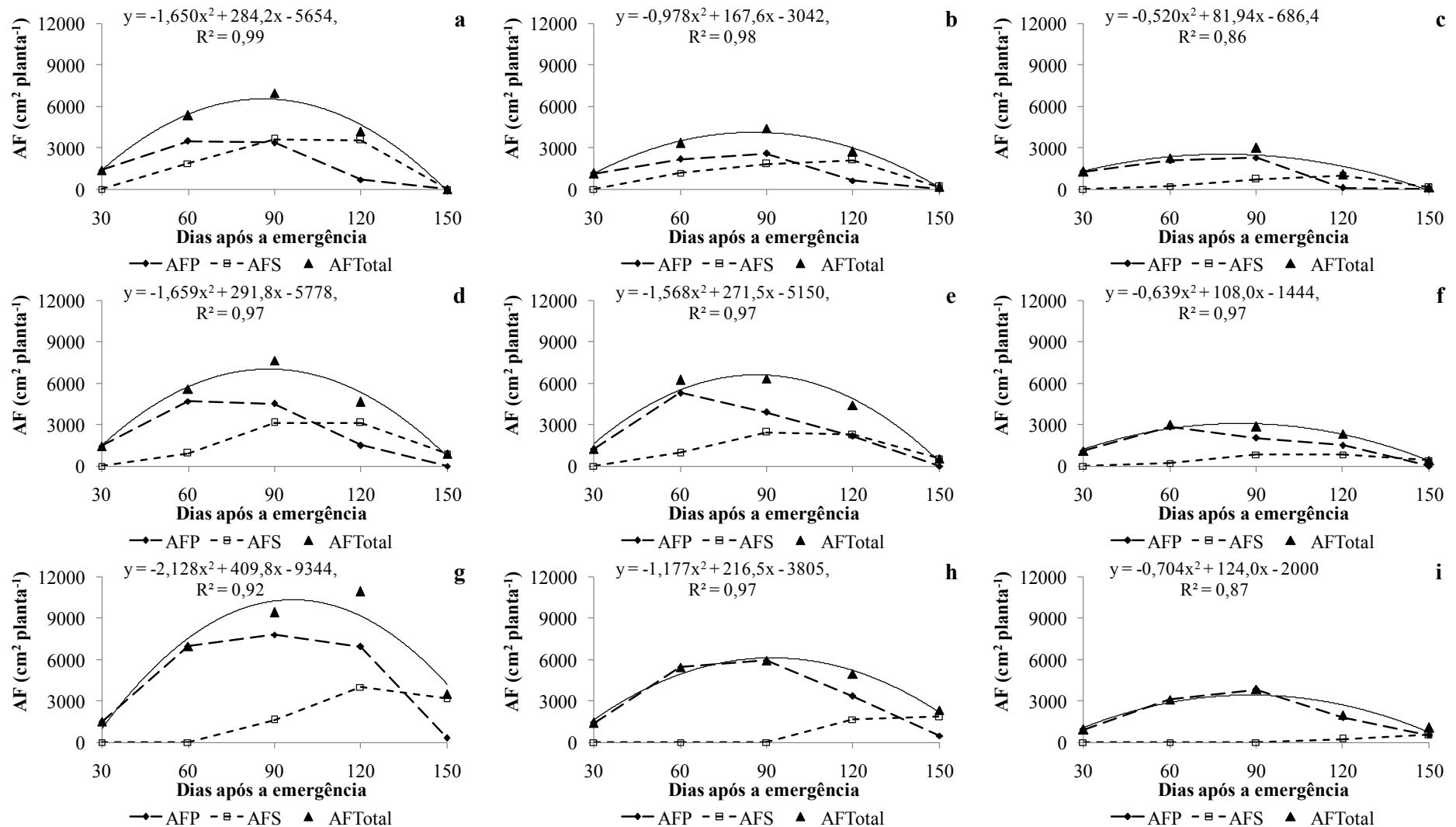


Figura 11. Área foliar (AF) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas. (a) H1 20; (b) H1 40; (c) H1 80; (d) H2 20; (e) H2 40; (f) H2 80; (g) IAC 20; (h) IAC 40; (i) IAC 80. AFP - área foliar primária; AFS - área foliar secundária; AFTotal - área foliar total, em 2011. Botucatu-SP.

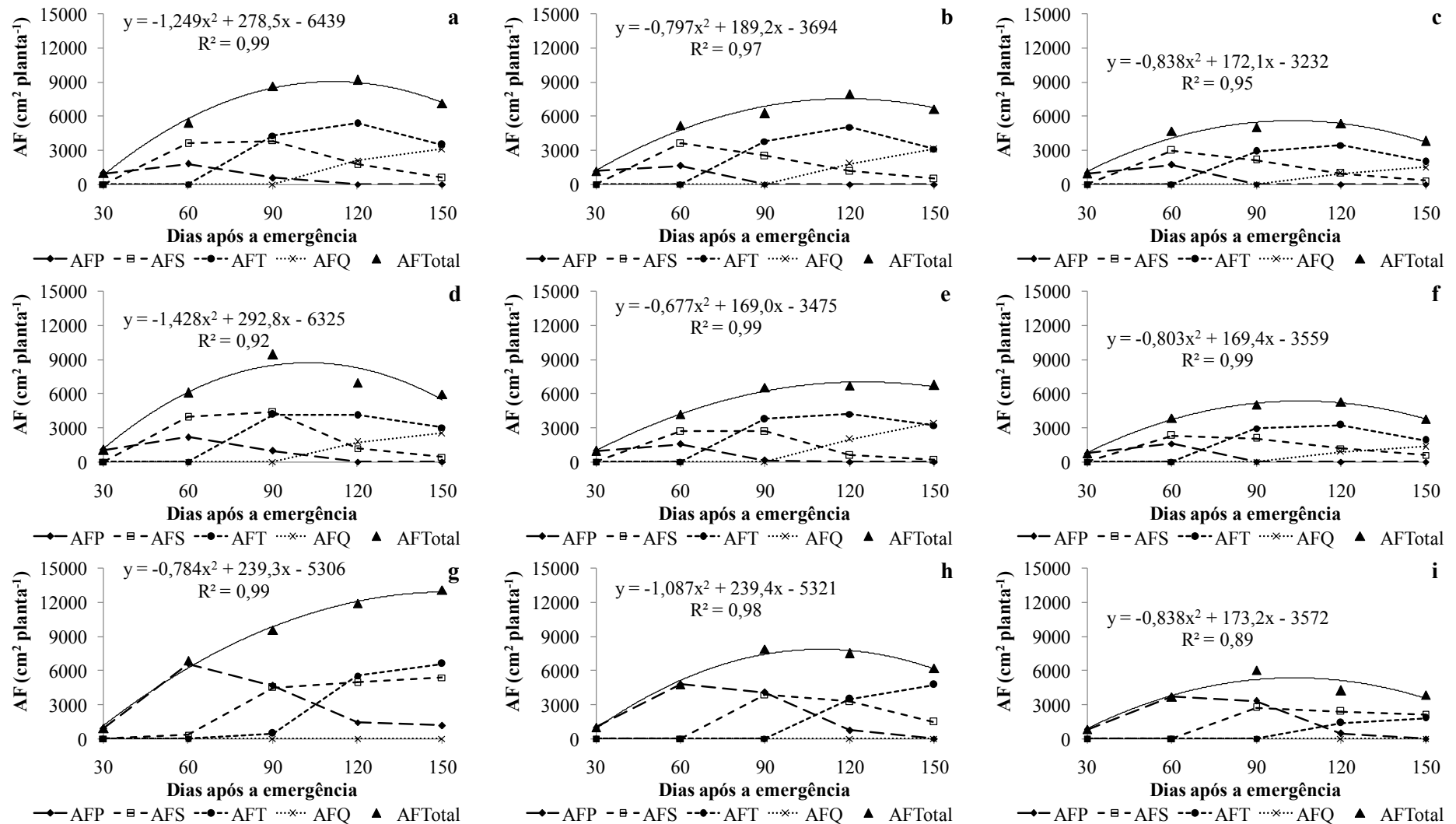


Figura 12. Área foliar (AF) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas. (a) H3 20; (b) H3 40; (c) H3 80; (d) H4 20; (e) H4 40; (f) H4 80; (g) IAC 20; (h) IAC 40; (i) IAC 80. AFP - área foliar primária; AFS - área foliar secundária; AFT - área foliar terciária; AFQ - área foliar quaternária; AFTotal - área foliar total, em 2012. Botucatu-SP.

remobilização de nutrientes e reservas das folhas para outros órgãos dreno (LIM et al., 2007).

6.1.7 Altura de plantas

A altura total de plantas em 2011 estabilizou em todos os tratamentos a partir dos 120 DAE (Figura 13). As diferenças foram pequenas, com os tratamentos com a cultivar IAC 2028 e os tratamentos com densidade populacional de 20 mil plantas ha^{-1} tendo as maiores alturas (Figura 13a, 13d, 13g, 13h e 13i). O conhecido efeito do estiolamento das plantas ocorre na mamona, porém a resposta é melhor observada no comprimento dos internódios. Ataíde et al. (2010), Gondim et al. (2014) e Severino et al. (2006a) observaram aumento do comprimento dos internódios, porém isto muitas vezes não resulta em aumento da altura de plantas. Souza-Schlick et al. (2011) observaram redução da altura com o aumento da densidade populacional, ocasionado pela redução do número de ramos. Souza-Schlick et al. (2012) e Soratto et al. (2011) não observaram efeito do aumento da densidade populacional de plantas na altura das mesmas.

A altura de plantas em 2012 apresentou estabilização no fim do período avaliado tanto entre os genótipos como para as densidades populacionais (Figura 14a e 14b). Este foi o mesmo comportamento do ano de 2011, porém a altura foi maior, em virtude da maior disponibilidade hídrica e do desenvolvimento de estruturas de ordem terciária e quaternária. Entre os genótipos, a cultivar IAC 2028 (Figura 14a) obteve o maior valor final (176 cm contra 173 cm do Híbrido 1 e 167 cm do Híbrido 2) bem como a densidade populacional de 40 mil plantas ha^{-1} (177 cm contra 173 cm da densidade populacional de 20 mil plantas e 167 cm da densidade populacional com 80 mil plantas ha^{-1}) (Figura 14b).

Ferreira et al. (2006) avaliaram 8 genótipos de mamona e concluíram que a resposta em altura além de ser variável entre os genótipos, na maioria das vezes não é alterada pela mudança na densidade populacional de plantas. Testando vários híbridos, Kittock e Williams (1970) e Severino et al. (2006b), também não observaram efeito da densidade populacional de plantas na altura de plantas.

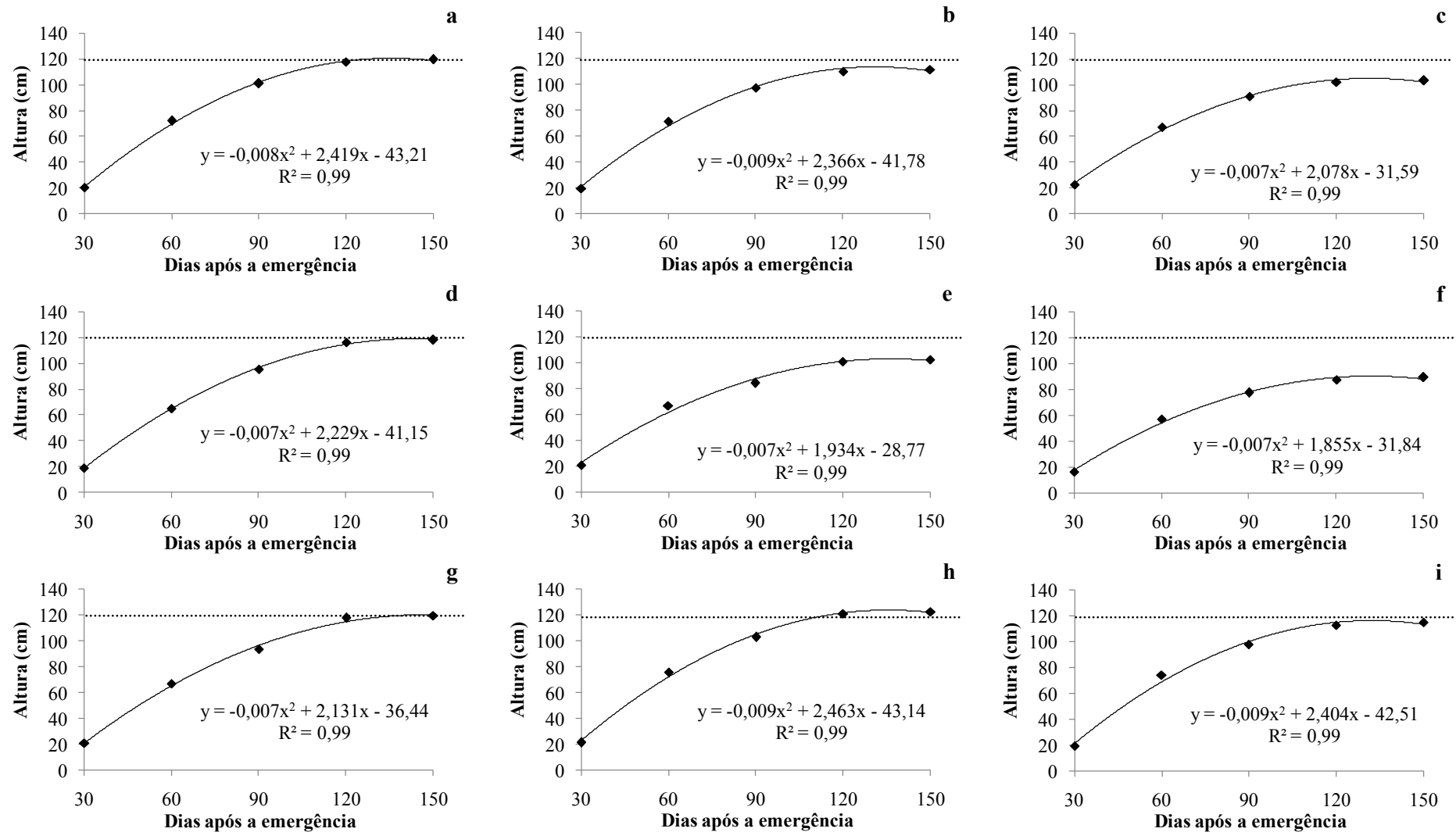


Figura 13. Altura total de plantas em função de genótipos e densidades populacionais de plantas. (a) H1 20; (b) H1 40; (c) H1 80; (d) H2 20; (e) H2 40; (f) H2 80; (g) IAC 20; (h) IAC 40; (i) IAC 80, em 2011. Botucatu-SP.

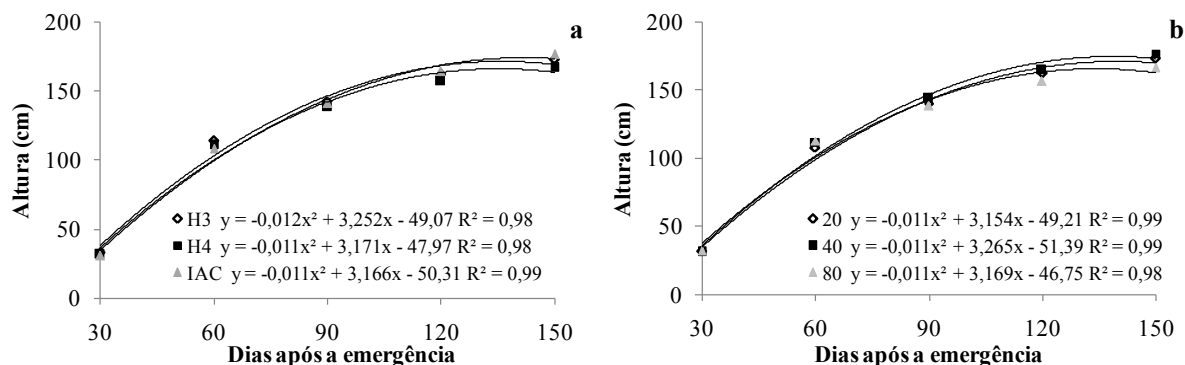


Figura 14. Altura de plantas em função de genótipos e densidades populacionais de plantas. (a) altura dos genótipos; (b) altura das densidades populacionais, em 2012. Botucatu-SP.

6.1.8 Diâmetro de caule

A resposta no diâmetro do caule em 2011 foi a esperada, com os maiores diâmetros nas menores densidades populacionais e na cultivar IAC 2028 (Figura 15a, 15d, 15g, 15h e 15i). O mesmo comportamento ocorreu em 2012 (Figura 16), com o maior diâmetro na cultivar IAC 2028 (Figura 16a) e na densidade populacional de 20 mil plantas ha^{-1} (Figura 16b).

Os resultados corroboram os observados por Severino et al. (2006b), que observaram redução linear do diâmetro do caule com a redução do espaçamento entre linhas. Soratto et al. (2011) avaliando espaçamento entre linhas (0,45; 0,60; 0,75 e 0,90 m) e densidade populacional de plantas (25, 40, 55 e 70 mil plantas ha^{-1}) na cultivar FCA-PB observaram que não houve influência do espaçamento no diâmetro do caule, porém houve redução linear com o aumento da densidade populacional de plantas. Kotz (2012) avaliando densidades populacionais de plantas da cultivar IAC 2028 em safrinha (50 a 95 mil plantas ha^{-1}) com espaçamento adensado (0,45 m entre linhas), comparados com um tratamento controle (25 mil plantas ha^{-1} x 0,90 m entre linhas) observou maior diâmetro de caule no tratamento controle nos dois anos de cultivo (2010 e 2011).

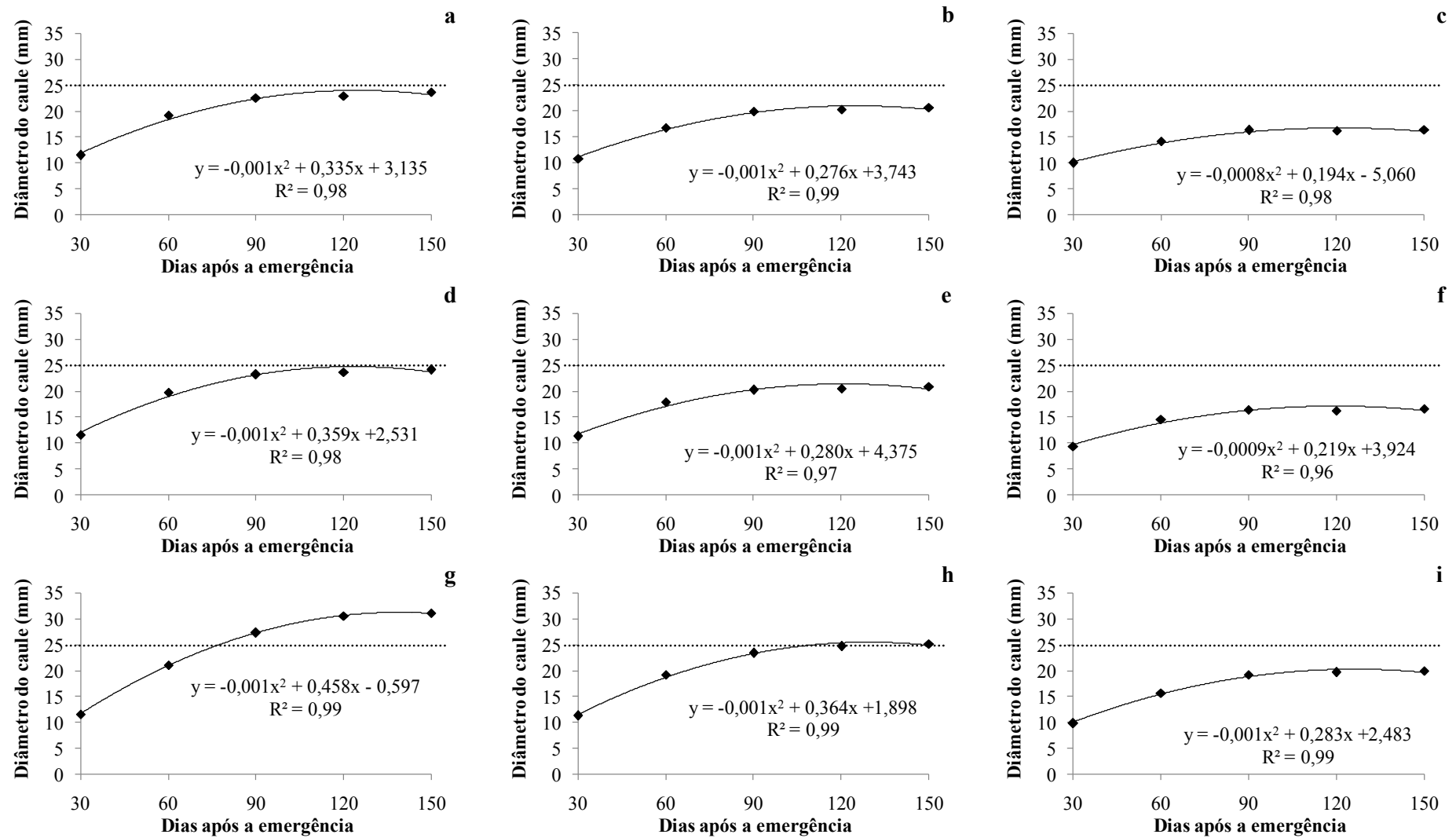


Figura 15. Diâmetro do caule em função de genótipos e densidades populacionais de plantas. (a) H1 20; (b) H1 40; (c) H1 80; (d) H2 20; (e) H2 40; (f) H2 80; (g) IAC 20; (h) IAC 40; (i) IAC 80, em 2011. Botucatu-SP.

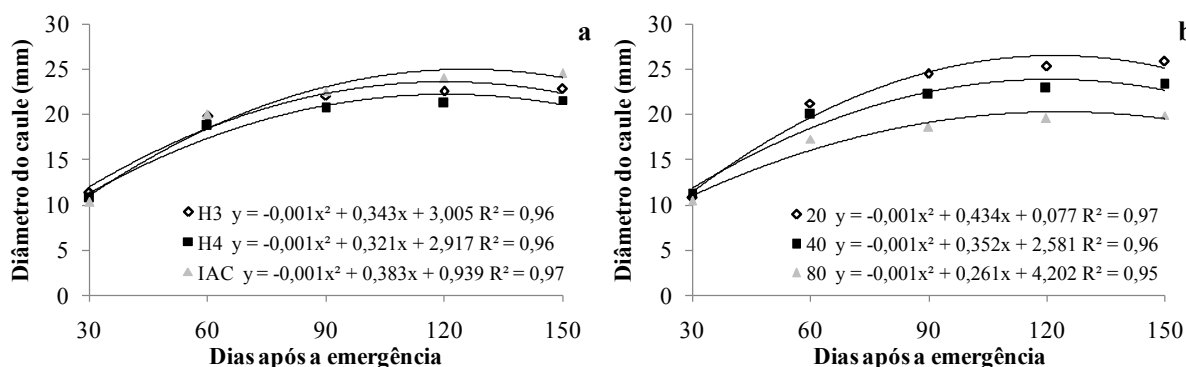


Figura 16. Diâmetro do caule em função de genótipos e densidades populacionais de plantas(a) diâmetro do caule dos genótipos; (b) diâmetro de caule das densidades populacionais, em 2012. Botucatu-SP.

6.2 Características agrônômicas, componentes de produção, produtividade e teor de óleo

6.2.1 Probabilidade do teste F

Em relação às características agrônômicas, componentes de produção, produtividade e teor de óleo em 2011, apenas dias para a emissão do racemo primário (Tabela 6) e produtividade do racemo secundário (Tabela 8) apresentaram interação de genótipo e densidade populacional.

Tabela 6. Probabilidade do teste F para número de nós (NN), dias para a emissão do racemo primário (DIASRP), dias para a emissão do racemo secundário (DIASRS), número de racemos primários (NRP), número de racemos secundários (NRS) e número de racemos por planta (NR), em função de genótipos e densidades populacionais de plantas, em 2011. Botucatu-SP.

FV	NN	DIASRP	DIASRS	NRP	NRS	NR
Bloco	0,053	0,338	0,186	0,096	0,858	0,695
Genótipo (G)	<0,001	<0,001	<0,001	0,377	0,001	0,003
Densidade populacional (P)	0,118	<0,001	<0,001	0,214	<0,001	<0,001
G x P	0,157	<0,001	0,146	0,624	0,070	0,079
CV (%)	2,85	3,60	4,58	12,81	30,93	18,00

Tabela 7. Probabilidade do teste F para número de grãos por racemo primário (NGRP), número de grãos por racemo secundário (NGRS), número de grãos por racemo (NGR), massa de 100 grãos do racemo primário (M100RP), massa de 100 grãos do racemo secundário (M100RS) e massa de 100 grãos (M100), em função de genótipos e densidades populacionais de plantas, em 2011. Botucatu-SP.

FV	NGRP	NGRS	NGR	M100RP	M100RS	M100
Bloco	0,351	0,888	0,737	0,359	0,738	0,553
Genótipo (G)	0,002	0,562	<0,001	0,130	0,008	0,068
Densidade populacional (P)	<0,001	<0,001	<0,001	0,010	0,002	0,002
G x P	0,605	0,718	0,101	0,662	0,161	0,396
CV (%)	26,75	23,70	12,79	7,50	15,65	7,74

Tabela 8. Probabilidade do teste F para produtividade do racemo primário (PROD RP), produtividade do racemo secundário (PROD RS), produtividade total (PROD) e índice de colheita (IC), em função de genótipos e densidades populacionais de plantas, em 2011. Botucatu-SP.

FV	PROD RP	PROD RS	PROD	IC
Bloco	0,615	0,652	0,883	0,247
Genótipo (G)	<0,001	0,003	0,036	<0,001
Densidade populacional (P)	<0,001	0,130	0,012	0,0560
G x P	0,069	0,028	0,560	0,207
CV (%)	16,99	45,55	18,93	8,90

Tabela 9. Probabilidade do teste F para teor de óleo do racemo primário (ÓLEO RP), teor de óleo do racemo secundário (ÓLEO RS) e teor de óleo médio (ÓLEO), em função de genótipos e densidades populacionais de plantas, em 2011. Botucatu-SP.

FV	ÓLEO RP	ÓLEO RS	ÓLEO
Bloco	0,050	0,321	0,002
Genótipo (G)	<0,001	0,001	<0,001
Densidade populacional (P)	0,771	0,006	0,872
G x P	0,742	0,389	0,112
CV (%)	3,43	6,31	2,70

As variáveis que apresentaram interação de genótipos e densidades populacionais em 2012 foram dias para emissão do racemo secundário número de racemos primários, número de racemos secundários, número de racemos quaternários, massa de 100

grãos primários, massa de 100 grãos terciários, produtividade do racemo primário e produtividade do racemo quaternário (Tabela 11, 13, e 14).

Tabela 10. Probabilidade do teste F para número de nós (NN), dias para a emissão do racemo primário (DIASRP) e dias para emissão do racemo secundário (DIASRS) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas, em 2012. Botucatu-SP.

FV	NN	DIAS RP	DIAS RS
Bloco	0,828	0,092	0,231
Genótipo (G)	<0,001	<0,001	<0,001
Densidade populacional (P)	0,236	0,155	<0,001
G x P	0,889	0,536	<0,001
CV (%)	3,06	10,28	2,04

Tabela 11. Probabilidade do teste F para número de racemos primários (NRP), número de racemos secundários (NRS), número de racemos terciários (NRT), número de racemos quaternários (NRQ) e número de racemos por planta (NR), em 2012. Botucatu-SP.

FV	NRP	NRS	NRT	NRQ	NR
Bloco	0,814	0,599	0,234	0,456	0,620
Genótipo (G)	0,012	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Densidade populacional (P)	0,941	0,005	<0,001	<0,001	<0,001
G x P	0,012	0,042	0,092	<0,001	0,996
CV (%)	7,70	17,56	18,35	19,30	10,76

Tabela 12. Probabilidade do teste F para número de grãos por racemo primário (NGRP), número de grãos por racemo secundário (NGRS), número de grãos por racemo terciário (NGRT), número de grãos por racemo quaternário (NGRQ) e número de grãos por racemo (NGR) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas, em 2012. Botucatu-SP.

FV	NGRP	NGRS	NGRT	NGRQ	NGR
Bloco	0,550	0,538	0,936	0,212	0,933
Genótipo (G)	0,012	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Densidade populacional (P)	0,124	<0,001	0,003	0,408	<0,001
G x P	0,074	0,216	0,550	0,606	0,387
CV (%)	33,35	21,54	26,97	24,77	10,99

Tabela 13. Probabilidade do teste F para massa de 100 grãos do racemo primário (M100RP), massa de 100 grãos do racemo secundário (M100RS), massa de 100 grãos do racemo terciário (M100RT), massa de 100 grãos do racemo quaternário (M100RQ) e massa de 100 grãos (M100) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas, em 2012. Botucatu-SP.

FV	M100 RP	M100 RS	M100 RT	M100 RQ	M100
Bloco	0,476	0,103	0,222	0,565	0,529
Genótipo (G)	0,010	0,631	0,004	<0,001	<0,001
Densidade populacional (P)	0,066	0,046	0,107	0,031	0,832
G x P	0,039	0,144	0,004	0,152	0,120
CV (%)	4,73	3,24	5,24	9,37	2,90

Tabela 14. Probabilidade do teste F para produtividade do racemo primário (PROD RP), produtividade do racemo secundário (PROD RS), produtividade do racemo terciário (PROD RT), produtividade do racemo quaternário (PROD RQ), produtividade total (PROD) e índice de colheita (IC) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas, em 2012. Botucatu-SP.

FV	PROD RP	PROD RS	PROD RT	PROD RQ	PROD	IC
Bloco	0,912	0,769	0,497	0,196	0,895	0,868
Genótipo (G)	0,003	<0,001	<0,001	<0,001	0,168	<0,001
Densidade populacional (P)	<0,001	<0,001	0,092	<0,001	<0,001	0,663
G x P	0,002	0,440	0,050	0,035	0,422	0,899
CV (%)	43,05	31,13	33,60	40,94	16,63	13,04

Tabela 15. Probabilidade do teste F para teor de óleo do racemo primário (ÓLEO RP), teor de óleo do racemo secundário (ÓLEO RS), teor de óleo do racemo terciário (ÓLEO RT), teor de óleo do racemo quaternário (ÓLEO RQ) e teor de óleo médio (ÓLEO) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas, em 2012. Botucatu-SP.

FV	ÓLEO RP	ÓLEO RS	ÓLEO RT	ÓLEO RQ	ÓLEO
Bloco	0,102	0,004	0,401	0,010	0,036
Genótipo (G)	0,002	0,043	0,045	<0,001	0,655
Densidade populacional (P)	0,670	0,219	0,965	0,037	0,027
G x P	0,726	0,348	0,706	0,340	0,596
CV (%)	2,77	2,23	2,57	6,26	1,70

6.2.2 Número de nós e dias para a emissão dos racemos

O número de nós é uma característica muito influenciada pelo genótipo, controlada por poucos genes. Assim não houve alteração no número de nós em função da densidade populacional de plantas em 2011 (Tabela 16). Este efeito também foi observado por Kittock e Williams (1970), onde o número de nós variou entre 9,3 e 9,7 entre as densidades populacionais de plantas. Severino et al (2006a) avaliaram efeito do espaçamento entre linhas sobre o crescimento e produtividade da cultivar BRS Nordestina. Como a distância entre as plantas na linha foi mantida constante, os tratamentos podem ser considerados também como diferentes densidades populacionais. Os autores não observaram efeito do espaçamento entre linhas no número de nós até a inserção do racemo primário.

A cultivar IAC 2028 apresentou o maior número de nós, seguida do Híbrido 2 e do Híbrido 1 (Tabela 16). O número de nós até a inserção do racemo primário é um indicativo da precocidade, que foi constatada com a contagem dos dias para o florescimento do racemo primário (Tabela 17).

Tabela 16. Número de nós (NN), dias para a emissão do racemo primário (DIASRP) e dias para emissão do racemo secundário (DIASRS) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas, em 2011. Botucatu-SP.

FV	NN	DIASRP	DIASRS
Genótipo	-	-	-
Híbrido 1	9,6 c	38,3	57,8 c
Híbrido 2	11,0 b	41,2	66,8 b
IAC 2028	16,4 a	67,9	111,6 a
Densidade populacional			
80	12,2 a	51,8	86,7 a
40	12,4 a	48,8	77,8 b
20	12,4 a	46,8	71,8 c
DMS	0,4	1,8	3,7

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Outra observação foi que a cultivar IAC 2028 foi o único genótipo que apresentou alteração no número de dias para o florescimento do racemo primário em 2011 em função da densidade populacional de plantas (Tabela 17). A emissão do racemo primário na densidade populacional de 40 mil plantas ha⁻¹ ocorreu 5 dias após a emissão na densidade populacional de 20 mil plantas ha⁻¹, e a emissão na densidade populacional de 80 mil plantas ha⁻¹ ocorreu 7 dias após a emissão na densidade populacional de 40 mil plantas ha⁻¹ (Tabela

17). Isto pode ser explicado pelo maior porte da cultivar IAC 2028, que em altas densidades populacionais teve o desenvolvimento afetado. Isso indica que em consequência do aumento da densidade populacional, a competição intraespecífica reduz o acúmulo de fotoassimilados e atrasa o desenvolvimento da planta. Se o ciclo da cultura for considerado em função dos estádios de desenvolvimento, o aumento da densidade populacional alonga o ciclo da cultura. A redução do ciclo produtivo preconizada na cultura do algodão adensado está relacionada à redução do número de capulhos, o que permite a colheita antecipada (JOST e COTHREN, 2001).

Tabela 17. Desdobramento da interação de genótipos e densidades populacionais quanto a dias para a emissão do racemo primário, em 2011. Botucatu-SP.

Genótipo	Densidade populacional (plantas ha ⁻¹)			DMS
	20.000	40.000	80.000	
Híbrido 1	38 bA	38 cA	40 bA	3
Híbrido 2	40 bA	42 bA	42 bA	
IAC 2028	62 aC	67 aB	74 aA	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os híbridos não apresentaram alteração na contagem dos dias para emissão do racemo primário em função da densidade populacional (Tabela 17). Isto ocorreu devido ao menor porte destes genótipos, o que possibilitou o adensamento sem afetar o desenvolvimento. Na contagem dos dias para o florescimento do racemo secundário a cultivar IAC 2028 apresentou o maior valor, seguida do Híbrido 2 e do Híbrido 1 (Tabela 16). Em relação às densidades populacionais, a maior densidade populacional apresentou o maior valor, seguida da densidade populacional de 40 mil plantas e da densidade populacional de 20 mil plantas ha⁻¹ (Tabela 16). Como não houve interação, significa que os híbridos apresentaram o mesmo padrão, diferenciando da contagem de dias para emissão do racemo primário, onde não apresentaram diferença entre as densidades populacionais (Tabela 17). Este resultado evidencia a maior competição entre as plantas em altas densidades populacionais a partir dos 60 DAE, mesmo nos híbridos, que possuem menor porte.

Na safrinha de 2012, o número de nós até a inserção do racemo primário apresentou diferença apenas entre os genótipos, com a cultivar IAC 2028 tendo o maior número (Tabela 18). A densidade populacional não influenciou o número de nós, mostrando que essa característica sofre pouca influência ambiental, conforme observado em 2011 (Tabela 16). Em relação ao número de dias para a emissão do racemo primário, os híbridos 3 e 4 acompanharam o comportamento apresentado para o número de nós, emitindo o

racemo primário em menos da metade do tempo que a cultivar IAC 2028 (Tabela 18). A precocidade é um dos principais objetivos do Programa de Melhoramento de Mamona da UNESP-FCA, bem como o desenvolvimento de híbridos compactos para colheita mecanizada, lembrando que os híbridos 1 e 2 também apresentaram menor número de nós e foram mais precoces que a cultivar IAC 2028 em 2011 (Tabela 16 e 17). No ano de 2012 não houve diferença entre as densidades populacionais (Tabela 18), provavelmente devido às melhores condições de pluviosidade e temperatura no início do experimento (Figura 1), apesar da diferença entre as densidades populacionais ter sido a mesma, no ano de 2012 a variação foi maior e a probabilidade do teste F foi de 15,47% (Tabela 6 e 10).

Tabela 18. Número de nós (NN), dias para a emissão do racemo primário (DIASRP) e dias para emissão do racemo secundário (DIASRS), em 2012. Botucatu-SP.

FV	NN	DIAS RP	DIAS RS
Genótipo	-	-	-
Híbrido 3	9,0 b	31,3 b	66,8
Híbrido 4	9,1 b	30,7 b	66,5
IAC 2028	16,1 a	68,1 a	101,2
Densidade populacional			
80	11,6 a	45,4 a	82,8
40	11,4 a	42,8 a	77,2
20	11,3 a	41,9 a	74,5
DMS	0,4	4,5	1,6

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A contagem dos dias para o florescimento do racemo secundário indicou que a cultivar IAC 2028 apresentou os maiores valores em todas as densidades populacionais, sendo que isso já era esperado devido ao maior ciclo da cultivar (Tabela 19). Na comparação das densidades populacionais dentro de cada genótipo observa-se que para os híbridos, até a densidade populacional de 40 mil plantas não mostrou ser um ambiente restritivo para o tempo necessário para emissão do racemo secundário, sendo que somente na densidade populacional de 80 mil plantas ocorreu atraso na emissão (Tabela 19). Na cultivar IAC 2028, que possui maior porte, a densidade populacional de 40 e 80 mil plantas ha⁻¹ mostraram ser restritivas (Tabela 19).

Tabela 19. Desdobramento da interação de genótipos e densidades populacionais para dias para o florescimento do racemo secundário, em 2012. Botucatu-SP.

Genótipo	Densidade populacional (plantas ha ⁻¹)			DMS
	20.000	40.000	80.000	
Híbrido 3	65,0 bB	66,0 bB	69,2 bA	2,8
Híbrido 4	63,5 bB	65,5 bB	70,5 bA	
IAC 2028	95,0 aC	100,0 aB	108,8 aA	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

6.2.3 Número de racemos por planta

Não houve diferenças no número de racemos primários entre os genótipos e as densidades populacionais em 2011 (Tabela 20). O número de racemos primários por planta apresenta pequena variação, uma vez que toda planta emitirá no máximo um racemo primário. Mas o número de racemos secundários é mais dependente do ambiente. Entre os genótipos, a cultivar IAC 2028 obteve o menor número de racemos secundários, com menos de um por planta (Tabela 20) e entre as densidades populacionais a densidade populacional de 80 mil plantas ha⁻¹ apresentou o menor número de racemos secundários (Tabela 20). Em relação ao número de racemos totais por planta a cultivar IAC 2028 obteve o menor número entre os genótipos e as densidades populacionais de 40 e 80 mil plantas ha⁻¹ obtiveram os menores números entre as densidades populacionais (Tabela 20). Isso segue o mesmo padrão encontrado em algodão adensado, onde há redução do número de capulhos com o aumento da densidade populacional de plantas (DONG et al., 2006; GWATHMEY e CLEMENT, 2010).

Tabela 20. Número de racemos primários (NRP), número de racemos secundários (NRS) e número de racemos por planta (NR) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas, em 2011. Botucatu-SP.

FV	NRP	NRS	NR
Genótipo	-	-	-
Híbrido 1	0,97 a	1,42 a	2,39 a
Híbrido 2	0,93 a	1,60 a	2,53 a
IAC 2028	1,00 a	0,91 b	1,91 b
Densidade populacional			
80	1,00 a	0,90 b	1,90 b
40	0,91 a	1,34 a	2,26 b
20	0,99 a	1,69 a	2,68 a
DMS	0,41	0,42	0,41

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em 2012 o número de racemos primários apresentou variação em função de alguns problemas ocorridos, uma vez que esse número é referente somente à quantidade de racemos colhidos e não ao número de racemos emitidos. O Híbrido 3 apresentou valor menor na densidade populacional de 80 mil plantas ha^{-1} e a cultivar IAC 2028 apresentou o menor valor na densidade populacional de 20 mil plantas ha^{-1} (Tabela 21). No caso do Híbrido 3, muitas plantas possuíam os racemos primários com 100% de flores femininas, então houve problemas com a polinização na densidade populacional de 80 mil plantas ha^{-1} , pois o fechamento da copa dificultou o acesso do grão de pólen no interior das parcelas. Já para a cultivar IAC 2028 a redução no número de racemos primários ocorreu devido à época de emissão dos racemos corresponder às condições mais favoráveis ao desenvolvimento da doença.

Tabela 21. Desdobramento da interação entre genótipos e densidades populacionais para número de racemos primários, em 2012. Botucatu-SP.

Genótipo	Densidade populacional (plantas ha^{-1})			DMS
	20.000	40.000	80.000	
Híbrido 3	0,97 aA	0,92 aAB	0,84 bB	0,13
Híbrido 4	0,99 aA	0,99 aA	0,98 aA	
IAC 2028	0,82 bB	0,89 aAB	0,98 aA	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O número de racemos secundários por planta no Híbrido 3 foi maior na densidade populacional de 40 mil plantas ha^{-1} do que na densidade populacional de 20 mil

plantas ha^{-1} (Tabela 22). Essa não era a resposta esperada, na qual densidades populacionais menores tendem a produzir maior número de racemos em função da maior disponibilidade de área e, conseqüentemente, maior disponibilidade de luz. Isto ocorreu na cultivar IAC 2028, com a densidade populacional de 40 mil plantas ha^{-1} apresentando mais racemos secundários do que na densidade populacional de 80 mil plantas ha^{-1} (Tabela 22). O Híbrido 4 não apresentou diferenças entre as densidades populacionais. Em relação aos genótipos, a cultivar IAC 2028 apresentou o maior número de racemos secundários nas densidades populacionais de 20 e 40 mil plantas ha^{-1} (Tabela 22). No ano de 2011 a cultivar obteve os menores valores (Tabela 20). Isso mostra que com maior disponibilidade hídrica a cultivar IAC 2028 expressou maior potencial de produção de racemos.

Tabela 22. Desdobramento da interação entre genótipos e densidades populacionais para número de racemos secundários por planta, em 2012. Botucatu-SP.

Genótipo	Densidade populacional (plantas ha^{-1})			DMS
	20.000	40.000	80.000	
Híbrido 3	0,94 bB	1,61 bA	1,42 aAB	0,52
Híbrido 4	1,81 aA	1,82 abA	1,43 aA	
IAC 2028	1,94 aAB	2,30 aA	1,67 aB	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O número de racemos terciários e totais comportaram-se de forma similar, com a cultivar IAC 2028 apresentando os menores valores e as menores densidades populacionais apresentando os maiores valores (Tabela 23). Nota-se que o número final de racemos foi mais do que o dobro observado no ano de 2011 (Tabela 20 e 23) influenciado pela maior disponibilidade hídrica em 2012 (Figura 1). Biscaro et al. (2012) avaliaram o efeito da irrigação suplementar (0, 25, 50, 100 e 150% da evapotranspiração para irrigação localizada) sobre a produtividade de duas cultivares de mamona (IAC 2028 e IAC 80). A pluviosidade observada pelos autores foi de 736 mm, sendo que nos tratamentos com irrigação, as suplementações foram de 27, 54, 108 e 162 mm. Os índices de pluviosidade foram adequados, porém foi mais concentrada nos últimos 3 meses do experimento, sendo que a maioria das irrigações foram realizadas nos 3 primeiros meses, coincidindo com a fase de crescimento, o que promoveu aumento de praticamente duas vezes no número de racemos. Isso demonstra a importância da boa distribuição das chuvas no início do período de crescimento. A maior incidência das chuvas nos últimos 3 meses não estimulou o desenvolvimento de novos ramos e é considerada prejudicial pois favorece o desenvolvimento do mofo cinzento nas estruturas reprodutivas.

Tabela 23. Número de racemos primários (NRP), número de racemos secundários (NRS), número de racemos terciários (NRT), número de racemos quaternários (NRQ) e número de racemos por planta (NR) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas, em 2012. Botucatu-SP.

FV	NRP	NRS	NRT	NRQ	NR
Genótipo	-	-	-	-	-
Híbrido 3	0,91	1,32	2,60 a	2,11	6,94 a
Híbrido 4	0,99	1,69	2,36 a	2,14	7,17 a
IAC 2028	0,90	1,97	1,78 b	0,00	4,65 b
Densidade populacional					
80	0,93	1,51	1,40 c	0,99	4,83 c
40	0,94	1,91	2,26 b	1,50	6,61 b
20	0,93	1,56	3,07 a	1,76	7,32 a
DMS	0,07	0,30	0,42	0,28	0,69

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Freitas et al. (2010) avaliaram também o efeito da irrigação (25, 50, 75, 100 e 125% da evapotranspiração do tanque classe A) em três cultivares (IAC Guarani, Mirante 10 e BRS Paraguaçu). A irrigação correspondente às evapotranspirações foram de 183, 365, 548, 730 e 913 mm. Os autores encontraram aumento linear do número de racemos por planta na cultivar IAC Guarani e efeito quadrático para a Mirante 10 e BRS Paraguaçu, porém o ajuste apontou apenas a estabilização do número de racemos. Todas as cultivares praticamente dobraram o número de racemos.

As variações no número de racemos quaternários ocorreram apenas nos híbridos, uma vez que a cultivar IAC 2028 não desenvolveu essa ordem (Tabela 24). Os dois híbridos comportaram-se basicamente seguindo o padrão de redução do número de racemos com o aumento da densidade populacional e não diferenciaram entre si (Tabela 24).

Tabela 24. Desdobramento da interação de genótipos e densidades populacionais para número de racemos quaternários, em 2012. Botucatu-SP.

Genótipo	Densidade populacional (plantas ha ⁻¹)			DMS
	20.000	40.000	80.000	
Híbrido 3	2,79 aA	2,28 aB	1,26 aC	0,48
Híbrido 4	2,49 aA	2,23 aA	1,71 aB	
IAC 2028	0,00 bA	0,00 bA	0,00 bA	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Carvalho et al. (2010a), avaliando densidades de semeadura (2,5, 3,12, 4,16, 6,25 e 12,5 mil plantas ha⁻¹) em duas cultivares (BRS Paraguaçu e BRS Nordestina) não observaram influência da densidade populacional de plantas sobre o número de racemos, provavelmente porque os tratamentos não proporcionaram competição acentuada entre as plantas. Além disso, o número de racemos apresentados pelas cultivares (1,22 para a BRS Nordestina e 1,9 para a BRS Paraguaçu) está muito abaixo do encontrado em outros trabalhos. Freitas et al. (2010), por exemplo, observaram número de racemos de 5,5 para a cultivar BRS Paraguaçu mesmo na menor lâmina de irrigação (183 mm).

Soratto et al. (2011) avaliaram o efeito do espaçamento entre linhas e densidade populacional de plantas sobre a cultivar FCA-PB e observaram apenas influência da densidade populacional sobre o número de racemos por planta nos dois anos estudados. Apesar do melhor arranjo proporcionado pela redução no espaçamento sob altas densidades populacionais, sabe-se que os efeitos proporcionados apenas pelo arranjo são menos expressivos do que o efeito de maior competição proporcionado pelo aumento da densidade populacional de plantas. Quando aumenta-se o espaçamento entre linhas, ocorre redução do espaçamento entre plantas. Apesar do aparente aumento da competição interespecífica, isto pode não ocorrer devido à maior disponibilidade de área na entre linha.

6.2.4 Número de grãos por racemo

O número de grãos por racemo primário foi maior na cultivar IAC 2028 (Tabela 25) em 2011. Esta cultivar apresenta maior porte e também maior comprimento do racemo, possuindo grande potencial de produção por racemo. Em relação às densidades populacionais observou-se menor número de grãos por racemo primário na densidade populacional de 80 mil plantas ha⁻¹, devido à competição entre as plantas (Tabela 25). Para número de grãos por racemo secundário não houve diferença entre genótipos e entre densidades populacionais houve redução gradual da produção com o aumento da densidade populacional (Tabela 25), evidenciando o efeito competitivo e a plasticidade da cultura da mamona. Considerando todos os racemos o número de grãos por racemo foi maior na cultivar IAC 2028 enquanto que entre as densidades populacionais o número de grãos por racemo foi inversamente proporcional à densidade populacional (Tabela 25)

Tabela 25. Número de grãos por racemo primário (NGRP), número de grãos por racemo secundário (NGRS) e número de grãos por racemo (NGR) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas, em 2011. Botucatu-SP.

FV	NGRP	NGRS	NGR
Genótipo	-	-	-
Híbrido 1	100 b	46 a	72 b
Híbrido 2	115 b	46 a	68 b
IAC 2028	153 a	51 a	106 a
Densidade populacional			
80	76 b	26 c	59 c
40	136 a	44 b	81 b
20	157 a	74 a	105 a
DMS	34	16	11

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação aos genótipos, observou-se que os racemos tinham mais grãos na cultivar IAC 2028 nos racemos primário e secundário em 2012, uma vez que a planta possui grande porte e maior potencial produtivo por racemo (Tabela 26). Nos racemos terciário e quaternário a cultivar obteve menores valores que os híbridos (Tabela 26). Os híbridos são mais precoces e emitem os racemos antes do que a cultivar. Quanto maior a ordem dos racemos, maior a diferença (Tabela 16, 17, 18 e 19), e essa diferença é mais pronunciada sob altas densidades populacionais (Tabela 17 e 19). O período de crescimento vegetativo da cultivar IAC 2028 é mais longo do que dos híbridos e com esse maior período de tempo até a emissão e desenvolvimento do racemo a produção fica limitada à disponibilidade de recursos.

O aumento da densidade populacional de plantas provocou redução do número de grãos por racemo em 2012 (Tabela 26). Isto ocorreu somente nos racemos de ordem secundária e terciária, porém foi o suficiente para manter essa resposta na média geral de número de grãos por racemo (Tabela 26). Soratto et al. (2011) avaliando espaçamento entre linhas e densidade populacional de plantas observaram redução linear do número de frutos por racemo em função do aumento da densidade populacional de plantas nos dois anos estudados. Como não houve diferença entre o número de grãos por fruto, também houve redução do número de grãos por racemo, corroborando os dados observados nesse experimento. O número de grãos por racemo quaternário não diferiu entre as densidades populacionais pois houve restrição hídrica no fim do ciclo produtivo. No entanto, as menores

densidades populacionais obtiveram maior número de racemos (Tabela 24), o que confere maior número de grãos quaternários por planta.

Tabela 26. Número de grãos por racemo primário (NGRP), número de grãos por racemo secundário (NGRS), número de grãos por racemo terciário (NGRT), número de grãos por racemo quaternário (NGRQ) e número de grãos por racemo (NGR) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas, em 2012. Botucatu-SP.

FV	NGRP	NGRS	NGRT	NGRQ	NGR
Genótipo	-	-	-	-	-
Híbrido 3	22,3 b	47,3 b	59,9 a	20,5 a	40,1 b
Híbrido 4	33,3 a	50,6 b	57,4 a	17,7 a	40,4 b
IAC 2028	34,3 a	78,1 a	30,2 b	0,0 b	52,3 a
Densidade populacional					
80	25,2 a	42,0 b	38,2 b	11,7 a	35,7 c
40	30,9 a	51,5 b	50,2 ab	13,3 a	43,4 b
20	33,8 a	82,4 a	59,1 a	13,1 a	53,8 a
DMS	10,2	12,9	13,5	3,2	5,0

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quando compara-se os dois anos de cultivo uma observação chama bastante a atenção. Na safrinha de 2011, mesmo com a menor disponibilidade hídrica, o número de grãos por racemo é praticamente o dobro do observado em 2012, e esse comportamento é mais pronunciado no racemo primário que chega a ser quase cinco vezes maior (Tabela 25 e 26). Isto mostra que com a maior área foliar primária bem como com o maior tempo de vida das folhas primárias em 2011 (Figura 11 e 12), o potencial produtivo do racemo primário foi maior do que no ano de 2012. Outro fator que contribuiu para isso foi que em 2012 houve maior número de racemos, o que aumentou o número de drenos fisiológicos reduziu a média de grãos por racemo. Severino e Auld (2013b) avaliaram vários genótipos em níveis de irrigação e observaram aumentos de produtividade em todos os genótipos, mas com respostas opostas em relação aos componentes de produção. Enquanto que a cultivar Divela aumentou o número de racemos por planta de 14 para 24 e reduziu o número de grãos por racemo de 52 para 48, a cultivar BRS Nordestina aumentou ligeiramente o número de racemos por planta de 1,8 para 3 e aumentou o número de grãos por racemo de 102 para 137.

6.2.5 Massa de 100 grãos

Não houve diferença para a massa de 100 grãos do racemo primário entre os genótipos testados, mas houve redução com o aumento da densidade populacional em 2011 (Tabela 27). Em relação à massa de 100 grãos do racemo secundário o Híbrido 1 foi superior somente à cultivar IAC 2028 (Tabela 27). Isso ocorreu devido ao limitado crescimento de estruturas reprodutivas da cultivar IAC 2028, principalmente na densidade populacional de 80 mil plantas ha⁻¹ (Figura 7). Novamente o período vegetativo mais longo e a emissão mais tardia dos racemos secundários da cultivar IAC 2028 prejudicou o enchimento dos grãos.

Em relação às densidades populacionais, as plantas na densidade populacional de 20 mil plantas ha⁻¹ apresentaram a maior massa de 100 grãos (Tabela 27). Este fato ocorreu devido à maior competição pelos recursos bem como no atraso da emissão dos racemos secundários nas maiores densidades populacionais (Tabela 16), os quais foram prejudicados pela redução da temperatura e pluviosidade no período de enchimento de grãos. Na média dos dois racemos não houve diferença na massa de 100 grãos entre os genótipos, havendo apenas diferença entre as densidades populacionais, com a densidade populacional de 20 mil plantas sendo superior que as demais (Tabela 27).

Tabela 27. Massa de 100 grãos do racemo primário (M100RP), massa de 100 grãos do racemo secundário (M100RS) e massa de 100 grãos (M100) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas, em 2011. Botucatu-SP.

FV	M100 RP	M100 RS	M100
Genótipo	g	g	g
Híbrido 1	40,1 a	38,6 a	39,3 a
Híbrido 2	37,8 a	34,3 ab	36,4 a
IAC 2028	39,9 a	31,0 b	38,6 a
Densidade populacional			
80	37,6 b	31,3 b	36,2 b
40	38,7 ab	32,7 b	37,3 b
20	41,5 a	39,8 a	40,8 a
DMS	3,0	5,5	3,0

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na safrinha de 2012, a massa de 100 grãos do racemo primário apresentou apenas um tratamento com valor discrepante, que foi o Híbrido 4 na densidade

populacional de 40 mil plantas ha^{-1} (Tabela 28). Esta não foi uma resposta esperada e pode ser considerada atípica, não sendo em função dos tratamentos avaliados por esse experimento.

Tabela 28. Desdobramento da interação de genótipos e densidades populacionais para massa de 100 grãos do racemo primário, em 2012. Botucatu-SP.

Genótipo	Densidade populacional (plantas ha^{-1})			DMS
	20.000	40.000	80.000	
Híbrido 3	43,1 aA	44,6 aA	43,6 aA	3,7
Híbrido 4	45,2 aA	39,6 bB	43,5 aA	
IAC 2028	46,3 aA	44,3 aA	46,1 aA	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A massa de 100 grãos do racemo secundário foi somente afetada pela densidade populacional, com a densidade populacional de 40 mil plantas ha^{-1} sendo superior à densidade populacional de 80 mil plantas ha^{-1} (Tabela 29).

Tabela 29. Massa de 100 grãos do racemo primário (M100RP), massa de 100 grãos do racemo secundário (M100RS), massa de 100 grãos do racemo terciário (M100RT), massa de 100 grãos do racemo quaternário (M100RQ) e massa de 100 grãos (M100) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas, em 2012. Botucatu-SP.

FV	M100 RP	M100 RS	M100 RT	M100 RQ	M100
Genótipo	g	g	g	g	g
Híbrido 3	43,8	44,7 a	40,3	34,2 a	40,6 b
Híbrido 4	42,8	44,6 a	39,6	34,1 a	40,7 b
IAC 2028	45,6	45,2 a	37,3	0,0 b	44,0 a
Densidade populacional					
80	44,4	44,0 b	38,2	23,9 a	41,9 a
40	42,8	45,5 a	39,1	22,9 ab	41,8 a
20	44,8	45,0 ab	40,0	21,4 b	41,6 a
DMS	2,1	1,5	2,1	2,2	1,2

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para massa de 100 grãos do racemo terciário houve diferença entre os genótipos nas densidades populacionais de 40 e 80 mil plantas ha^{-1} (Tabela 30). Na densidade populacional de 40 mil plantas a massa de 100 grãos da cultivar IAC 2028 foi menor que do Híbrido 3 e na densidade populacional de 80 mil plantas a massa de 100 grãos da cultivar foi menor que dos dois híbridos (Tabela 30). Comparando-se as densidades populacionais de plantas dentro de cada genótipo, observa-se que a redução na massa de 100 grãos da cultivar

IAC 2028 foi praticamente linear à medida que aumentou a densidade populacional (Tabela 30), demonstrando que com o atraso da emissão ocasionado pela maior densidade populacional, o enchimento de grãos é comprometido.

Tabela 30. Desdobramento da interação de genótipos e densidades populacionais para massa de 100 grãos do racemo terciário, em 2012. Botucatu-SP.

Genótipo	Densidade populacional (plantas ha ⁻¹)			DMS
	20.000	40.000	80.000	
Híbrido 3	39,7 aA	40,8 aA	40,6 aA	3,6
Híbrido 4	39,3 aA	39,6 abA	39,9 aA	
IAC 2028	41,0 aA	36,9 bB	34,0 bB	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Se desconsiderarmos a cultivar IAC 2028 na análise das estruturas quaternárias, então não houve diferença entre os genótipos para massa de 100 grãos (Tabela 29). Já entre as densidades populacionais a resposta é aparentemente controversa, com maior massa de 100 grãos na maior densidade populacional (Tabela 29). Mas se analisarmos que o número de racemos nas densidades populacionais de 40 e 20 mil plantas ha⁻¹ foi maior (Tabela 24), pode-se inferir que com maior número de grãos totais, o enchimento dos mesmos foi prejudicado. A massa de 100 grãos média apresentou apenas diferença entre os genótipos, onde a cultivar IAC 2028 obteve o maior valor em relação aos híbridos (Tabela 29).

Os dados observados para massa de 100 grãos do racemo quaternário corroboram os resultados encontrados por Soratto et al. (2012). Os autores avaliaram diferentes arranjos espaciais, mantendo a densidade populacional de 55 mil plantas ha⁻¹. Esses tratamentos eram comparados com um tratamento padrão com densidade populacional de 25 mil plantas ha⁻¹ e espaçamento entre linhas de 0,90. Os experimentos foram repetidos em dois anos agrícolas, nas safras de primavera-verão e na safra de outono-inverno e utilizando duas cultivares (FCA-PB e IAC 2028), totalizando oito experimentos. Os autores não observaram diferença na massa de 100 grãos entre os arranjos na safra de primavera-verão, a qual foi mais chuvosa (896 mm), mas encontraram diferença na safra de outono-inverno, menos chuvosa (419mm). Isto ocorreu no presente experimento porque no ano menos chuvoso (2011) também foi observada diferença entre as densidades populacionais na massa de 100 grãos (Tabela 27) e não foi observada diferença no ano mais chuvoso (2012) (Tabela 29).

6.2.6 Produtividade de grãos

A produtividade do racemo primário foi maior na cultivar IAC 2028 (Tabela 31) em 2011. Como não houve diferença entre o número de racemos (Tabela 20) e entre a massa de 100 grãos do racemo primário (Tabela 27), a diferença de produtividade ocorreu em função do maior número de grãos por racemo primário observado na cultivar IAC 2028 (Tabela 25), refletindo em produtividade o potencial de produção por racemo presente neste genótipo. Em relação às densidades populacionais, a produtividade do racemo primário foi maior na densidade populacional de 80 mil plantas ha⁻¹, seguida pelas densidades populacionais de 40 e 20 mil plantas ha⁻¹ (Tabela 31). A redução do número de grãos por racemo (Tabela 25) e da massa de 100 grãos (Tabela 27) ocorre em menor proporção que o aumento da densidade populacional, resultando no aumento da produtividade.

Tabela 31. Produtividade do racemo primário (PROD RP), produtividade do racemo secundário (PROD RS) e produtividade total (PROD) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas, em 2011. Botucatu-SP.

FV	PROD RP	PROD RS	PROD
Genótipo	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹
Híbrido 1	1494 b	993	2487 ab
Híbrido 2	1427 b	981	2416 b
IAC 2028	2450 a	482	2932 a
Densidade populacional			
80	2270 a	664	2941 a
40	1803 b	808	2611 ab
20	1298 c	984	2282 b
DMS	310	380	504

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a produtividade do racemo secundário apresentou interação de genótipos e densidades populacionais. Os híbridos 1 e 2 não apresentaram diferença entre as densidades populacionais (Tabela 32). Na cultivar IAC 2028 a densidade populacional de 20 mil plantas ha⁻¹ apresentou maior produtividade do racemo secundário do que densidade populacional de 80 mil plantas ha⁻¹ (Tabela 32). Com o atraso na emissão dos racemos secundários pelo aumento da densidade populacional, o enchimento dos grãos foi prejudicado pela redução da temperatura e pluviosidade resultando na menor produtividade.

Tabela 32. Desdobramento da interação genótipos x densidades populacionais para produtividade do racemo secundário, em 2011. Botucatu-SP.

Genótipo	Densidade populacional (plantas ha ⁻¹)			DMS
	20.000	40.000	80.000	
Híbrido 1	1023 aA	1250 aA	705 abA	659
Híbrido 2	971 aA	789 abA	1186 aA	
IAC 2028	959 aA	386 bAB	100 bB	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A maior produtividade total foi observada na cultivar IAC 2028, e a menor no Híbrido 2 (Tabela 31). Em relação às densidades populacionais, o tratamento com 80 mil plantas ha⁻¹ produziu mais do que na densidade populacional de 20 mil plantas ha⁻¹ (Tabela 31). Apesar disso, as produtividades observadas são consideradas altas em relação à média nacional, que foi de 615 kg ha⁻¹ em 2014 e está acima da média do estado de São Paulo, que foi de 1.965 kg ha⁻¹ (CONAB, 2014).

Em 2012, os híbridos não apresentaram alteração na produtividade do racemo primário em função das densidades populacionais (Tabela 33). A cultivar IAC 2028 obteve maior produtividade na densidade populacional de 80 mil plantas ha⁻¹. Isso foi favorecido pela incidência de chuvas no momento da emissão do racemo primário nas densidades populacionais de 20 e 40 mil plantas. Apesar de não haver interação de genótipos e densidades populacionais quanto a dias para emissão do racemo primário, no desdobramento a probabilidade do teste F para densidades populacionais dentro da cultivar IAC 2028 foi de 6,16%. A densidade populacional de 20, 40 e 80 mil plantas ha⁻¹ emitiram o racemo primário com 65, 67 e 73 DAE, respectivamente. Com esta diferença de 8 dias os racemos da densidade populacional de 80 mil plantas ha⁻¹ escaparam do ambiente favorável ao ataque do mofo-cinzeno.

Tabela 33. Desdobramento da interação genótipos x densidades populacionais para produtividade do racemo primário, em 2012. Botucatu-SP.

Genótipo	Densidade populacional (plantas ha ⁻¹)			DMS
	20.000	40.000	80.000	
Híbrido 3	245 aA	348 aA	468 bA	415
Híbrido 4	359 aA	606 aA	717 bA	
IAC 2028	241 aB	515 aB	1412 aA	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A produtividade do racemo secundário foi maior na cultivar IAC 2028 e na densidade populacional de 80 mil plantas ha⁻¹ (Tabela 31). A cultivar IAC 2028

apresentou maior número de racemos secundários (Tabela 22), maior número de grãos por racemo secundário (Tabela 26) e igual massa de 100 grãos por racemo secundário (Tabela 29). Já a densidade populacional de 80 mil plantas apresentou o menor número de racemos secundários (Tabela 22), junto com a densidade populacional de 20 mil plantas, o menor número de grãos por racemo secundário, junto com a densidade populacional de 40 mil plantas (Tabela 26) e a menor massa de 100 grãos por racemo secundário (Tabela 29), porém o maior número de plantas por área compensou a redução nos outros componentes de produção, levando à maior produtividade do racemo secundário (Tabela 31).

Tabela 34. Produtividade do racemo primário (PROD RP), produtividade do racemo secundário (PROD RS), produtividade do racemo terciário (PROD RT), produtividade do racemo quaternário (PROD RQ) e produtividade total (PROD) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas, em 2012. Botucatu-SP.

FV	PROD RP	PROD RS	PROD RT	PROD RQ	PROD
Genótipo	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹
Híbrido 3	354	1184 b	2418	595 a	4551 a
Híbrido 4	561	1493 b	2145	556 a	4755 a
IAC 2028	723	2684 a	759	0 b	4166 a
Densidade populacional					
80	866	2263 a	1955	512 a	5596 a
40	490	1865 b	1916	416 a	4687 b
20	282	1233 b	1452	223 b	3190 c
DMS	240	568	608	160	762

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O desdobramento da interação de genótipos e densidades populacionais quanto a produtividade do racemo terciário mostra que em relação aos genótipos, apenas o Híbrido 4 apresentou diferenças, com aumento da produtividade função do aumento da densidade populacional de plantas (Tabela 35). Em relação às densidades populacionais, a cultivar IAC 2028 apresentou a menor produtividade nas densidades populacionais de 40 e 80 mil plantas ha⁻¹, evidenciando o efeito restritivo do ambiente (Tabela 35). Esta afirmação é baseada na suposição de que o aumento da densidade populacional atrasa a emissão dos racemos terciários, uma vez que esse padrão ocorreu nos racemos primários e secundários.

Tabela 35. Desdobramento da interação genótipos x densidades populacionais para produtividade do racemo terciário, em 2012. Botucatu-SP.

Genótipo	Densidade populacional (plantas ha ⁻¹)			DMS
	20.000	40.000	80.000	
Híbrido 3	1832 aA	2645 aA	2777 aA	1053
Híbrido 4	1444 aB	2395 aAB	2595 aA	
IAC 2028	1079 aA	706 bA	493 bA	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na produtividade do racemo quaternário, os híbridos 3 e 4 apresentaram as menores produtividades com a densidade populacional de 20 mil plantas ha⁻¹ (Tabela 36). Isso mostra que com ambiente favorável, mesmo com alta densidade populacional a cultura tem potencial produtivo nos racemos de ordem superior. A produção por planta foi reduzida, mas compensada pelo maior número de plantas. A cultivar IAC 2028 não foi considerada devido à ausência de emissão dos racemos quaternários.

Tabela 36. Desdobramento da interação genótipos x densidades populacionais para produtividade do racemo quaternário, em 2012. Botucatu-SP.

Genótipo	Densidade populacional (plantas ha ⁻¹)			DMS
	20.000	40.000	80.000	
Híbrido 3	392 aB	667 aAB	726 aA	278
Híbrido 4	278 aB	582 aA	809 aA	
IAC 2028	0 bA	0 bA	0 bA	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os genótipos não apresentaram diferença na produtividade total em 2012, mas o aumento da densidade populacional promoveu aumento da produtividade (Tabela 34). Comparado com o ano de 2011, a cultivar IAC 2028 não foi superior aos híbridos em 2012. O componente mais importante para os híbridos foi o número de racemos e para a cultivar IAC 2028 foi o número de grãos por racemo. No ano de 2011, a produção de racemos pelos híbridos ficou limitada pelo ambiente, sendo que a produtividade do racemo primário da cultivar IAC 2028 não foi prejudicada, resultando em superioridade na produtividade total (Tabela 31). No ano de 2012, os híbridos produziram muito mais racemos do que a cultivar, sendo que o maior potencial de produção de grãos por racemo da cultivar IAC 2028 foi expresso somente nos racemos secundários (Tabela 34). Isto resultou no aumento da produtividade dos híbridos em 2012 em relação à 2011, igualando-se com a cultivar IAC 2028.

Soratto et al. (2011) avaliaram o efeito do espaçamento entre linhas e densidade populacional de plantas sobre a cultivar FCA-PB e encontraram efeito quadrático, com aumento da produtividade até a densidade populacional de 72.500 plantas ha⁻¹ no primeiro ano e 55.200 plantas ha⁻¹ no segundo ano. As produtividades máximas alcançadas pelo modelo quadrático foram de 5273 kg ha⁻¹ no primeiro ano e de 3462 kg ha⁻¹ no segundo ano. Os autores também observaram aumento da produtividade com a redução do espaçamento entre linhas, ou seja, a redução do espaçamento entre linhas promove aumento do espaçamento entre plantas na linha, melhorando a distribuição das plantas.

Soratto et al. (2012) avaliando arranjos espaciais observaram que, de maneira geral, os tratamentos com a densidade populacional padrão de 55 mil plantas ha⁻¹ foram superiores ao tratamento padrão de densidade populacional menor (25 mil plantas ha⁻¹), porém os tratamentos com menor espaçamento entre linhas foram mais produtivos, indicando também que apenas o melhor arranjo possibilita melhor interceptação de luz e aumentos em produtividade de grãos. Souza-Schlick et al. (2012) avaliaram o efeito do espaçamento entre linhas e densidade populacional de plantas sobre a cultivar IAC 2028 cultivada em safra e observaram que, na média dos dois anos, houve aumento da produtividade com o aumento da densidade populacional apenas no espaçamento de 0,45 m, o mesmo utilizado no presente experimento.

Carvalho et al. (2010a) observaram aumento da produtividade com o aumento da densidade populacional de plantas. Os resultados do trabalho indicam que possivelmente houve condições ambientais restritivas, pois não houve efeito das densidades populacionais nos componentes de produção número de racemos por planta e número de frutos por racemo. Mesmo as plantas que possuíam maior disponibilidade de área não apresentaram a resposta esperada de aumento do número de racemos (FERREIRA et al., 2006; KITTOCK e WILLIAMS, 1970). Desta forma a produção individual por planta manteve-se igual em todas as densidades populacionais e com o aumento do número de plantas ha⁻¹, houve aumento da produtividade.

Observa-se em vários trabalhos que mesmo utilizando cultivares de porte alto, ocorre aumento da produtividade com o aumento da densidade populacional de plantas, conforme observado por Carvalho et al (2010a) e França et al. (2013). França et al. (2013) encontraram maiores produtividades na densidade populacional de 22 mil plantas ha⁻¹ para as cultivares IAC Guarani e BRS Paraguaçu.

El-Hamidi et al. (1968) já indicavam maiores produtividades com espaçamentos intermediários (45 cm) utilizando a maior densidade populacional (3 plantas

por cova). Kittock e Williams (1970) desenvolveram uma série de ensaios (8 experimentos sem irrigação e 3 com irrigação) envolvendo híbridos de mamona. Estes foram semeados em três localidades no estado de Nebraska, EUA, durante 3 anos, avaliando os efeitos de espaçamento entre linhas e densidades populacionais de plantas. Os autores observaram que, com ou sem irrigação e em todos os genótipos, houve aumento da produtividade com o aumento da densidade populacional de plantas. O espaçamento entre linhas não alterou a produtividade, desde que a densidade populacional fosse mantida.

Segundo Weiss (1986), a mamona alcança máxima produtividade com mínimo de 600-700 mm, principalmente se a maior parte ocorre no durante a fase de crescimento. Apesar disso, relatos do autor indicam que boas produtividades são alcançadas com precipitações entre 375 a 500 mm, distribuídos uniformemente nos primeiros 4 meses. Esses dados corroboram os observados no presente estudo. No ano de 2011, a precipitação foi de 446 mm e a produtividade média foi de 2611 kg ha⁻¹. Em 2012, a produtividade média foi de 4490 kg ha⁻¹ com precipitação de 865 mm. Em ambos os anos, a maior parte da precipitação ocorreu nos 4 primeiros meses, favorecendo a expressão do potencial produtivo.

Biscaro et al. (2012) observaram efeito quadrático, quase linear, da produtividade de grãos com o aumento da irrigação, passando de aproximadamente 850 kg ha⁻¹ para aproximadamente 1500 kg ha⁻¹. Isso demonstra a importância da boa distribuição das chuvas, uma vez que a pluviosidade natural foi de 736 mm, porém mais concentrada nos últimos meses do experimento. Freitas et al. (2010) observaram que com o aumento das lâminas de irrigação, aumenta-se a produtividade e reduz-se a contribuição relativa do racemo primário na produtividade.

Souza e Távora (2006) estudaram a contribuição relativa das ordens de racemo na produtividade em relação à épocas de semeadura e constataram que quanto mais tarde ocorre a semeadura, maior é a contribuição do racemo primário, porque a redução da pluviosidade afeta a emissão, desenvolvimento e crescimento dos racemos de ordem superior.

6.2.7 Teor de óleo

O teor de óleo no racemo primário em 2011 apresentou diferenças somente entre os genótipos, sendo que o Híbrido 2 obteve o menor valor, com 45% de óleo (Tabela 37). O teor de óleo do racemo secundário no Híbrido 1 foi superior ao da cultivar IAC 2028 e a densidade populacional de 20 mil plantas ha⁻¹ foi superior à densidade populacional de 80 mil plantas ha⁻¹ (Tabela 37). O menor teor de óleo do racemo secundário nesses

tratamentos acompanhou basicamente a massa de 100 grãos (Tabela 27), que foi uma resposta devido ao menor crescimento de estruturas reprodutivas (Figura 7c e 7f). O teor de óleo médio apresentou apenas diferença entre os genótipos, com o Híbrido 2 sendo menor que os demais (Tabela 37).

Tabela 37. Teor de óleo do racemo primário (ÓLEO RP), teor de óleo do racemo secundário (ÓLEO RS) e teor de óleo médio (ÓLEO) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas, em 2011. Botucatu-SP.

FV	ÓLEO RP	ÓLEO RS	ÓLEO
Genótipo	%	%	%
Híbrido 1	48,2 a	45,2 a	47,2 a
Híbrido 2	45,0 b	42,8 ab	44,1 b
IAC 2028	47,6 a	40,4 b	46,8 a
Densidade populacional			
80	47,1 a	40,9 b	46,2 a
40	46,7 a	42,6 ab	45,9 a
20	47,0 a	44,8 a	46,1 a
DMS	1,6	2,8	1,3

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De forma geral, não houve alterações no teor de óleo em função de genótipos e densidades populacionais entre as ordens de racemos. O teor de óleo do racemo primário somente foi diferente entre os genótipos, com a cultivar IAC 2028 obtendo o menor valor (Tabela 38), possivelmente em função dos problemas relatados com ataque do mofo-cinzeno. Desconsiderando a diferença entre os genótipos no teor de óleo do racemo quaternário, foi observada somente diferença entre as densidades populacionais, com a densidade populacional de 80 mil plantas tendo maior teor de óleo do que a densidade populacional de 20 mil plantas (Tabela 38). Este dado corrobora os resultados encontrados para massa de 100 grãos do racemo quaternário (Tabela 29), onde o mesmo comportamento foi observado. A provável justificativa foi de que na menor densidade populacional houve maior número de racemos, o que, sob limitada disponibilidade hídrica no fim do ciclo produtivo, provocou a redução do teor de óleo.

Tabela 38. Teor de óleo do racemo primário (ÓLEO RP), teor de óleo do racemo secundário (ÓLEO RS), teor de óleo do racemo terciário (ÓLEO RT), teor de óleo do racemo quaternário (ÓLEO RQ) e teor de óleo médio (ÓLEO) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas, em 2012. Botucatu-SP.

FV	ÓLEO RP	ÓLEO RS	ÓLEO RT	ÓLEO RQ	ÓLEO
Genótipo	%	%	%	%	%
Híbrido 3	48,7 a	48,6 a	46,8 a	44,5 a	47,0 a
Híbrido 4	48,4 a	47,7 a	46,2 a	44,5 a	46,8 a
IAC 2028	46,7 b	47,5 a	45,5 a	0,0 b	47,1 a
Densidade populacional					
80	48,1 a	48,4 a	46,2 a	30,4 a	47,5 a
40	48,0 a	47,6 a	46,2 a	30,1 ab	46,9 ab
20	47,7 a	47,8 a	46,1 a	28,5 b	46,5 b
DMS	1,4	1,1	1,2	1,9	0,8

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados similares foram observados por Kittock e Williams (1970) e Severino et al. (2006b). Os autores constataram pouca influência das densidades populacionais no teor de óleo, variando principalmente entre os genótipos. Observa-se que a cultivar IAC 2028 não apresentou grande diferença entre os dois anos de cultivo (Tabela 37 e 38).

6.2.8 Índice de colheita

O índice de colheita apresentou apenas diferença entre os genótipos, com a cultivar IAC 2028 sendo menor que os híbridos em 2011 (Tabela 39). A cultivar IAC 2028 possui porte maior (Figura 9) e apesar da maior produtividade que o Híbrido 2 (Tabela 31), apresentou menor índice de colheita. Em relação às densidades populacionais, não houve diferença (Tabela 39), contrariando a hipótese de que altas densidades populacionais melhorariam a alocação de massa, aumentando a distribuição para estruturas reprodutivas.

Tabela 39. Índice de colheita (IC) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas, em 2011. Botucatu-SP.

FV	IC	FV	IC
Genótipo		Densidade populacional	
Híbrido 1	0,61 a	80	0,57 a
Híbrido 2	0,59 a	40	0,55 a
IAC 2028	0,52 b	20	0,60 a
DMS = 0,052			

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O índice de colheita em 2012 foi muito similar ao observado em 2011 (Tabela 40). A cultivar IAC 2028 foi inferior somente ao Híbrido 4 e não houve diferença entre as densidades populacionais. Constata-se que o adensamento populacional não melhora a distribuição de fotoassimilados para as estruturas reprodutivas, não validando a hipótese do experimento. Souza-Schlick et al. (2011) não observaram diferença no índice de colheita em função de densidades populacionais de plantas na cultivar IAC 2028.

Tabela 40. Índice de colheita (IC) em função de genótipos e densidades populacionais de plantas, em 2012. Botucatu-SP.

FV	IC	FV	IC
Genótipo		Densidade populacional	
Híbrido 3	0,48 ab	80	0,49 a
Híbrido 4	0,54 a	40	0,46 a
IAC 2028	0,41 b	20	0,47 a
DMS = 0,063			

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nota-se também que os valores foram maiores no ano de 2011, o qual apresentou menor índice pluviométrico. Lakshamma et al. (2003), avaliaram densidades populacionais de planta (37.037 até 222.222 plantas) e três formas de condução dos racemos (só racemos primários, racemos primários e secundários e todos racemos) e observaram maior índice de colheita (0,59) quando foram mantidos os racemos primários e secundários.

O ano com maior índice de colheita (2011) não correspondeu ao ano de maior produtividade (2012). A relação do índice de colheita com a produtividade deve ser realizada com cuidado uma vez que as correlações entre variáveis vegetativas, como a altura, diâmetro do caule e massa de matéria seca total, geralmente possuem correlação positiva e

significativa com produtividade. Estes resultados foram encontrados por Lakshmamma et al. (2005) e Zoz (2012) em mamona, assim como em outras espécies como café (CARVALHO et al., 2010b), milho (SANTOS et al., 2002) e soja (CARVALHO et al., 2002).

Historicamente, aumentos do índice de colheita ocorreram em programas de melhoramento de várias espécies cultivadas ao longo de muitos anos. A simples redução do porte em algumas espécies promoveu grandes aumentos no índice de colheita. O objetivo principal foi adequar a planta ao manejo cultural, como ocorreu com a redução do porte do algodão (ALMEIDA, 2001) visando à mecanização bem como a redução da altura do trigo e arroz (PINTHUS, 1973) visando o aumento da adubação e redução do acamamento. Neste sentido, os híbridos, que possuem menor massa de matéria seca, apresentaram maior índice de colheita. Apesar disso, os mesmos não apresentaram maior produtividade do que a cultivar IAC 2028. Este comportamento corrobora o observado por Nabizadeh et al. (2011), que não observaram correlação entre índice de colheita e produtividade de mamona.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível observar no experimento a grande plasticidade da mamona. O crescimento diferenciou muito entre os dois anos de estudo. A observação mais interessante foi a dinâmica de emissão de novas estruturas. No primeiro momento, durante o crescimento da planta, havendo disponibilidade de recursos (água, luz e nutrientes) ocorre a emissão das primeiras ramificações secundárias. No segundo momento, durante o crescimento e desenvolvimento das estruturas secundárias, estas se caracterizam como um forte dreno, além de sombrear as folhas primárias. Isto pode reduzir o potencial produtivo dos racemos primários mas aumenta o potencial produtivo da planta como um todo.

Este balanço é muito complexo, uma vez que a emissão do racemo cessa o crescimento apical, ocasionando a emissão de novas brotações nas axilas foliares. Porém, o racemo leva aproximadamente 60 dias para completar a maturação e nesse tempo surgem estruturas de ordem secundária e até terciária podem se desenvolver, caso haja condição. Sob menor disponibilidade hídrica, a planta regula-se para que o crescimento e desenvolvimento cessem a fim de que a mesma possa completar a maturação dos racemos já existentes, além de favorecer a incidência de luz nestas estruturas já estabelecidas.

Apesar dos híbridos não terem superado a cultivar IAC 2028, as características de menor massa de matéria seca e precocidade são muito importantes para o sistema de produção. O menor porte facilita a colheita mecanizada e a precocidade é uma característica muito importante no aproveitamento das chuvas em locais com limitada disponibilidade hídrica no inverno, como no Cerrado brasileiro.

O Cerrado brasileiro é apontado como o local de maior potencial na expansão da mamona no Brasil e os resultados observados no experimento podem ter impacto

nas recomendações da cultura para essa região. Devido ao período de chuvas encerrar-se após meados de maio, o cultivo em alta densidade populacional é de grande importância pois garante a produção do maior número de racemos primários possíveis. Do ponto de vista da mecanização da cultura, esse seria o fenótipo desejável. Em caso de ocorrência de um ano chuvoso, a planta possui capacidade de aumentar o potencial produtivo, sendo que os racemos secundários e/ou terciários passam a ser os mais importantes e devem ser priorizados na tomada de decisão do ponto da colheita mecanizada.

8 CONCLUSÕES

Altas densidades populacionais de plantas desfavorecem o desenvolvimento de estruturas de ordem superiores, mas a disponibilidade hídrica possui mais influência sobre a emissão de novas estruturas.

Apesar do menor crescimento vegetativo, os híbridos utilizados não apresentaram melhor desempenho do que a cultivar IAC 2028 sob maiores densidades populacionais.

Altas densidades populacionais de plantas promovem aumento da produtividade da mamona, independente do genótipo, sem alteração no índice de colheita.

9 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, W. P. Características de uma cultivar de algodão para cultivo no Brasil: Os atributos indispensáveis e os que são opcionais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 3., Campo Grande, 2001. **Livro de Palestras...** Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 2001. p.130-134.
- ATAÍDE, L. T.; FOLONI, J. S. S.; CARAMORI, P. H. Atributos biométricos da mamona conduzida em espaçamento reduzido e densidade populacional de plantas adensada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA MAMONA, 4, 2010, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: EMBRAPA-CNPA, 2010. 1 CD-ROM.
- AZEVEDO, D. M. P. et al. Efeito de densidade populacional de plantas no consórcio mamoneira/milho. II. Eficiência Agronômica. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.5, n.1, p. 255-265, 2001.
- AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. M.; SEVERINO, L. S. Manejo Cultural. In: AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. 2.ed. Campina Grande: Embrapa Algodão - Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p. 223-253.
- BAZZAZ, F. A. et al. Allocating resources to reproduction and defense. **Bioscience**, Reston, v. 37, n. 1, p.58-67, 1987.
- BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P. Fitologia. In: AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. 2.ed. Campina Grande: Embrapa Algodão - Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007a. p.117-137.
- BELTRÃO, N. E. M. et al. Ecofisiologia. In: AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. 2.ed. Campina Grande: Embrapa Algodão - Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007b. p.45-72.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 42 p.

BISCARO, G. A. et al. Produtividade de duas cultivares de mamona submetidas a diferentes lâminas de irrigação suplementar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 9, p. 925-930, 2012.

BRADSHAW, A. D. Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. **Advances in Genetics**, San Diego, v. 13, n. 21, p. 115-155, 1965.

BRIGHAM, R. D.; SPEARS, B. R. **Castorbeans in Texas**. Texas Agricultural Experiment Station, Bulletin 954, 11 p. 1961.

CARVALHO, C. G. P. et al. Correlações e análise de trilha em linhagens de soja semeadas em diferentes épocas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, p. 311-320, 2002.

CARVALHO, E. V. et al. Densidade de plantio em duas cultivares de mamona no Sul do Tocantins. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 3, p. 387-392, 2010a.

CARVALHO, A. M. et al. Correlação entre crescimento e produtividade de cultivares de café em diferentes regiões de Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 3, p. 269-275, 2010b.

CHAGAS, H. A. et al. Escala diagramática para avaliação de mofo cinzento (*Amphobotrys ricini*) da mamoneira (*Ricinus communis* L.). **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 36, n. 2, p. 164-167, 2010.

CHIERICE, G. O.; CLARO NETO, S. Aplicação Industrial do Óleo. In: AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. 2.ed. Campina Grande:Embrapa Algodão - Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p.417-448.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira. Quarto Levantamento. Janeiro de 2014. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_01_10_15_07_19_boletim_graos_janeiro_2014.pdf>. Acesso: 14 jan. 2014.

DALLACORT, R. et al. Distribuição das chuvas no município de Tangará da Serra, médio norte do Estado de Mato Grosso, Brasil. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 193-200, 2011.

DARAWSHEH, M. K. et al. Cotton row spacing and plant density cropping systems I. Effects on accumulation and partitioning of dry mass and LAI. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, Helsinki, v. 7, n. 3-4, p. 258-261, 2009.

DONG, H. Z. et al. Effects of genotypes and plant density on yield, yield components and photosynthesis in Bt transgenic cotton. **Journal of Agronomy & Crop Science**, Berlin, v. 192, n.1, p. 132-139, 2006.

DUARTE, A. P.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z. **Cultivares de milho no Estado de São Paulo: resultados das avaliações regionais**. Campinas: IAC, 1997. 98p. (IAC. Documentos, 58).

EL-HAMIDI, A.; MOURSI, M. A.; AHMED, S. S. Effects on nitrogen and spacing on castor bean in sandy soils in Egypt. **Experimetal Agriculture**, Cambridge, v. 4, p. 61-64, 1968.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultivo da mamona**, 2006. Disponível em: http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mamona/CultivodaMamona_2ed/index.html>. Acesso em: 03 dez. 2010.

FAO - STATISTICS. **Top production – Castor oil seed**. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 14 fev. 2014.

FERREIRA, G. B. et al. Variação do crescimento vegetativo e produtivo de alguns genótipos de mamona em diferentes densidades populacionais de cultivo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA MAMONA, 2., 2006, Aracajú. **Anais...** Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 2006. 1 CD-ROM.

IOREZE, S. L.; LARA, A. C. C.; PIVETTA, L. G. P. Influência da quebra de dominância apical na expressão sexual da mamoneira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 7., 2010, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFLA, 2010. 1 CD-ROM.

FRANÇA, R. G. et al. Comportamento de cultivares de mamona (*Ricinus communis*) sob diferentes densidades populacionais, no estado do Tocantins. **Revista de Ciências Agrárias**, Coimbra, v. 36, n. 3, p. 317-323, 2013.

FREITAS, C. A. S. et al. Comportamento de cultivares de mamona em níveis de irrigação por gotejamento em Pentecoste, CE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 10, p. 1059-1066, 2010.

GIFFORD, R. M. et al. Crop productivity and photoassimilate partitioning. **Science**, Washington, n. 1, v.225, p. 801-808, 1984.

GONDIM, T. M. S. et al. Plasticidade fenotípica da mamoneira precoce sob diferentes arranjos espaciais em consórcio com feijão caupi. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n.1, p. 128-137, 2014.

GWATHMEY, C. O.; CLEMENT, J. D. Alteration of cotton source–sink relations with plant population density and mepiquat chloride. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 116, n.1, p. 101-107, 2010.

HOOKS, J. A.; WILLIAMS, J. H.; GARDNER, C. O. Estimates of heterosis from a diallel cross of inbred lines of castors, *Ricinus communis* L. **Crop Science**, Madison, v. 11, n.1, p. 651-655, 1971.

JOST, P. H.; COTHREN, J. T. Phenotypic alterations and crop maturity differences in ultra-narrow row and conventionally spaced cotton. **Crop Science**, v. 41, n.1, p. 1150-1159, 2001.

JOST, P. H.; COTHREN, J. T. Growth and yield comparisons of cotton planted in conventional and ultra-narrow row spacings **Crop Science**, v. 40, n.1, p. 430-435, 2000.

KIIHL, T. A. M. **Obtenção e avaliação preliminar de novos híbridos de mamona (*Ricinus communis* L.)**. 2006. 66p. Tese (Doutor em Agronomia/ Agricultura)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

KITTOCK, D. L.; WILLIAMS, J. H. Effects of plant population on castor bean yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 62, n. 1, p. 527-529, 1970.

KOTZ, T. E. **Crescimento e produtividade da mamoneira IAC 2028 na safrinha em função da densidade populacional de plantas em espaçamento reduzido**. 2012. 71. Dissertação (Mestre em Agronomia/ Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

LAKSHMAMMA, P., PRAYAGA, L., REDDY, A. V. Yield variation due to nipping of branches in combination with population manipulations in castor (*Ricinus communis* L.). **Indian Journal of Plant Physiology**, New Delhi, v. 8, p. 70–73, 2003.

LAKSHMAMAMA, P. et al. Genetic variability and character association in castor (*Ricinus communis* L.). **National Journal of Plant Improvement**, v. 7, n.1, p. 122-126, 2005.

LIM, P. O.; KIM, H. J.; NAN, H. G. Leaf senescence. **Annual Review of Plant Biology**, v. 58, n.1, p. 115 - 136, 2007.

MACHADO, E. C. et al. Fotossíntese, remobilização de reservas e crescimento de grãos de dois híbridos de milho sob deficiência hídrica na fase de enchimento dos grãos. **Bragantia**, v. 51, n. 2, p. 151 - 159, 1992.

MAGALHÃES, P. C.; JONES, R. Aumento de fotoassimilados na taxa de crescimento e peso final dos grãos de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 25, n. 12, p. 1747-1754, 1990.

MANIVEL, P. et al. Heterosis for yield and its components over environments in castor (*Ricinus communis* L.). **The Madras Agricultural Journal**, Tindivanam, v. 86, n. 1-3, p. 65-68, 1999.

MARIA, I. C.; RAMOS, N. P. Conservação e manejo do solo. In: AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. M. (Eds.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. 2 ed. Campina Grande: Embrapa Algodão. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2007. p. 97-115.

MONTEIRO, M. A. R. et al. Desempenho de cultivares de milho para produção de grãos no Estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 4, p. 881-888, 2000.

MOSHKIN, V. A. **Castor**. Rotterdam: Balkenma, 1986. 315p.

NABIZADEH, E.; TAHERIFARD, E.; GERAMI, F. Effect of pruning lateral branches on four varieties of medicinal castor bean plant (*Ricinus communis* L.) yield, growth and development. **Journal of Medicinal Plants Research**, Victoria Island, v. 5, n. 24, p. 5828-5834, 2011.

OLIVEIRA, I. J. **Eficiência da seleção recorrente para redução da altura de plantas em mamoneira (*Ricinus communis* L.)**. 2007. 55 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

PINTHUS, M.J. Lodging in wheat, barley, and oats: The phenomenon, its causes, and preventive measures. **Advances in Agronomy**, New York, v. 25, n. 1, p. 210-256. 1973.

RAIJ, B. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285p.

RANGEL, L. E. P. et al. **Mamona: Situação Atual e Perspectivas no Mato Grosso**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2003. 20p. (Embrapa Algodão. Documentos, 106).

SANTOS, R. F. et al. Análise Econômica. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. (Ed). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 17-35.

SANTOS, P. G. et al. Avaliação do desempenho agronômico de híbridos de milho em Uberlândia, MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 5, p. 597-602, 2002.

SANTOS, R. F. et al. Aspectos econômicos do agronegócio da mamona. In: AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. 2.ed. ver. e ampl. Campina Grande:Embrapa Algodão - Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p.21-42.

SAVY FILHO, A. Hibridação em mamoma. In: BORÉM, A. (Ed.). **Hibridação Artificial de Plantas**. Viçosa: UFV, 1999. 546p.

SAVY FILHO, A. et al. Mamona: In: COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL. **Oleaginosas no estado de São Paulo: análise e diagnóstico**. Campinas, 1999. 39p. (CATI. Documento Técnico, 107).

SEVERINO, L. S. et al. **Plantio de algodão adensado no Oeste Baiano: safra 2002-2003**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. 3p. (Embrapa Algodão. Comunicado técnico, 209).

SEVERINO, L. S. et al. Otimização do espaçamento de plantio para a mamoneira cultivar BRS Nordestina. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 10, n. 1/2, p. 993-999, 2006a.

SEVERINO, L. S. et al. Crescimento e produtividade da mamoneira influenciada por plantio em diferentes espaçamentos entre linhas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 37, n. 1, p. 50-54, 2006b.

SEVERINO, L. S.; AULD, D. L. A framework for the study of the growth and development of castor plant. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 46, n. 1, p. 25-38, 2013a.

SEVERINO, L. S.; AULD, D. L. Seed yield and yield components of castor influenced by irrigation. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 49, n. 4, p. 52-60, 2013b.

SEVERINO, L. S. et al. Review on the Challenges for Increased Production of Castor. **Agronomy Journal**, Madison, v. 104, n. 4, p. 853-880, 2012.

SOUZA, A. S.; TÁVORA, F. J. A. F. Contribuição relativa das ordens de racemo na produtividade da mamoneira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA MAMONA, 2., 2006, Aracajú. **Anais...** Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 2006. 1 CD-ROM.

SORATTO, R. P. et al. Espaçamento e densidade populacional de plantas de mamoneira de porte baixo para colheita mecanizada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 3, p. 245-253, 2011.

SORATTO, R. P. et al. Narrow row spacing and high plant population to short height castor genotypes in two cropping seasons. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 35, n. 1, p. 244-249, 2012.

SOUZA-SCHLICK, G. D. et al. Desempenho da mamoneira IAC 2028 em função do espaçamento entre fileiras e densidade populacional de plantas na safrinha. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 3, p. 519-528, 2011

SOUZA-SCHLICK, G. D. et al. Crescimento e produtividade da mamona de porte baixo em diferentes espaçamentos e densidades populacionais de plantas. **Interciencia**, Caracas, v. 37, n. 1, p. 49-54, 2012.

TAIZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

WEISS, E.A. **Oilseed crops**. London: Longman, 1983. 659p.

ZIMMERMAN, L. H. Castorbeans: a new oil crop for mechanized production. **Advances in Agronomy**, San Diego, n. 10, p. 257-288, 1958.

ZOZ, T. **Correlação e análise de trilha de produtividade de grãos e seus componentes e caracteres de planta em cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) e mamona (*Ricinus communis* L.)**. 2012. 56p. Dissertação (Mestre em Agronomia/ Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.