

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

**CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DA MAMONEIRA IAC 2028 NA
SAFRINHA EM FUNÇÃO DA POPULAÇÃO DE PLANTAS EM
ESPAÇAMENTO REDUZIDO**

TAILENE ELISA KOTZ

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu,
para obtenção do título de Mestre em Agronomia
(Agricultura)

BOTUCATU-SP
Fevereiro - 2012

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

**CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DA MAMONEIRA IAC 2028 NA
SAFRINHA EM FUNÇÃO DA POPULAÇÃO DE PLANTAS EM
ESPAÇAMENTO REDUZIDO**

TAILENE ELISA KOTZ

Orientador: Prof. Dr. Rogério Peres Soratto

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu,
para obtenção do título de Mestre em Agronomia
(Agricultura)

BOTUCATU-SP
Fevereiro - 2012

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

K87c Kotz, Tailene Elisa, 1986-
Crescimento e produtividade da mamoneira iac 2028 na sa-
frinha em função da população de plantas em espaçamento
reduzido / Tailene Elisa Kotz. - Botucatu : [s.n.], 2012
ix, 60 f. : il., color., gráfs., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2012
Orientador: Rogério Peres Soratto
Inclui bibliografia

1. Mamona - Cultivo. 2. Produtividade agrícola. 3. Es-
paçamento. I. Soratto, Rogério Peres. II. Universidade Es-
tadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botu-
catu). Faculdade de Ciências Agrônomicas. III. Título.

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

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DA MAMONEIRA IAC 2028 NA
SAFRINHA EM FUNÇÃO DA POPULAÇÃO DE PLANTAS EM
ESPAÇAMENTO REDUZIDO

ALUNA: TAILENE ELISA KOTZ

ORIENTADOR: PROF. DR. ROGÉRIO PERES SORATTO

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. ROGÉRIO PERES SORATTO



PROF. DR. MAURICIO DUTRA ZANOTTO



PROFª DRª NILZA PATRICIA RAMOS

Data da Realização: 24 de fevereiro de 2012.

Aos meus pais Aloysio e Terezinha, que apesar das dificuldades não mediram esforços e deram a oportunidade dos seus filhos estudarem, deixando a melhor e maior herança, o conhecimento.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida.

Aos meus pais, meu irmão e avós, pela confiança, apoio e incentivo.

Ao meu noivo Flavio Gurgacz, por estar sempre ao meu lado e me apoiando em todos os momentos.

Ao meu orientador Dr. Rogério Peres Soratto, pela paciência, atenção e ensinamento.

À FAPESP-Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo apoio financeiro através da concessão da bolsa.

Aos funcionários de campo, pelo auxílio na implantação e na condução do experimento.

As secretárias, técnicos de laboratório e demais funcionários do departamento, pelo auxílio sempre que necessário.

Aos amigos Laerte, Laércio, Samuel, Gustavo, Mariângela, Idi e Suelen pela ajuda na implantação do experimento, nas avaliações realizadas e também pelos momentos de descontração.

As estagiárias Talita, Carol e demais, que de alguma maneira contribuíram para a realização dos experimentos.

A todo o corpo docente da pós-graduação, pelo conhecimento transmitido.

Aos funcionários da biblioteca e da seção de pós-graduação.

A todos os colegas de pós-graduação, pelos momentos de convívio e descontração.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho, muito obrigada!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	VI
LISTA DE FIGURAS	VII
1 RESUMO	1
3 INTRODUÇÃO	5
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	14
5.1. Localização e caracterização edafoclimática da área experimental	14
5.2. Delineamento experimental e tratamentos.....	16
5.3. Caracterização da cultivar de mamona	17
5.4. Condução dos experimentos em campo.....	17
5.4.1. Ano 2010.....	17
5.4.2. Ano 2011.....	18
5.5. Amostragem de plantas no campo.....	19
5.6. Avaliações	19
5.6.1. Variáveis de crescimento	19
5.6.1.1. Altura das plantas	19
5.6.1.2. Diâmetro do caule	19
5.6.1.3. Número de folhas vivas	19
5.6.1.4. Área foliar	20
5.6.1.5. Acúmulo e distribuição da massa de matéria seca	20
5.6.1.6. Área foliar específica (AFE).....	20
5.6.1.7. Razão de área foliar (RAF).....	20
5.6.1.8. Índice de área foliar (IAF)	21
5.6.1.9. Taxas de crescimento absoluto e relativo (TCA, TCR)	21
5.6.1.10. Taxa assimilatória líquida (TAL).....	22
5.6.2. Características agronômicas.....	22
5.6.2.1. Número de nós até a inserção do racemo primário	22
5.6.2.2. Altura da inserção do racemo primário	22
5.6.2.3. Comprimento médio dos racemos.....	22
5.6.2.4. Porcentagem de sobrevivência das plantas.....	23
5.6.2.5. Número de racemos por planta	23
5.6.2.6. Número de frutos por racemo	23
5.6.2.7. Número médio de grãos por fruto	23
5.6.2.8. Massa de 100 grãos	23
5.6.2.9. Produtividade de grãos	23
5.6.2.10. Índice de colheita (IC)	24
5.7. Análise estatística	24
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
7 CONCLUSÕES	50
8 REFERÊNCIAS.....	51
9 APÊNDICE	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Atributos químicos do solo, na profundidade de 0 a 0,20 m, antes da instalação dos experimentos.....	16
Tabela 2. Detalhamento do arranjo de plantas nos diferentes tratamentos.	16
Tabela 3. Porcentagem de sobrevivência de plantas, altura de inserção do 1º racemo, número de nós até a inserção do 1º racemo, comprimento médio dos racemos e número de racemos por planta da mamoneira IAC 2028 na safrinha, em função de populações de plantas em espaçamento reduzido. Botucatu-SP.....	46
Tabela 4. Número de frutos por racemo, número de grãos por fruto, massa de 100 grãos, índice de colheita (IC) e produtividade da mamoneira IAC 2028 na safrinha, em função de populações de plantas em espaçamento reduzido. Botucatu-SP.....	48

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Precipitação pluvial (■), temperatura máxima (—) e temperatura mínima (—) diárias registradas na área experimental, no período de março a outubro de 2010 e 2011, bem como datas de emergência, florescimento do primeiro racemo e colheita da cultivar de mamona IAC 2028. 15
- Figura 2. Altura de plantas da mamoneira IAC 2028 em função de populações de plantas em espaçamento reduzido, nas safrinhas 2010 (A) e 2011 (B). T1 = 0,45 m x 50.000 plantas ha⁻¹; T2 = 0,45 m x 65.000 plantas ha⁻¹; T3 = 0,45 m x 80.000 plantas ha⁻¹; T4 = 0,45 m x 95.000 plantas ha⁻¹; T5 = 0,45 m x 110.000 plantas ha⁻¹; T6 = 0,90 m x 25.000 plantas ha⁻¹. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. ** é significativos a 1% de probabilidade pelo teste F. 26
- Figura 3. Taxa de crescimento absoluto da altura de planta (TCAap) (cm dia⁻¹) da mamoneira IAC 2028, em função de populações de plantas em espaçamento reduzido, na safrinha 2010 (A) e 2011 (B). T1 = 0,45 m x 50.000 plantas ha⁻¹; T2 = 0,45 m x 65.000 plantas ha⁻¹; T3 = 0,45 m x 80.000 plantas ha⁻¹; T4 = 0,45 m x 95.000 plantas ha⁻¹; T5 = 0,45 m x 110.000 plantas ha⁻¹; T6 = 0,90 m x 25.000 plantas ha⁻¹. 27
- Figura 4. Taxa de crescimento relativo da altura de planta (TCRap) (cm cm⁻¹ dia⁻¹) da mamoneira IAC 2028, em função de populações de plantas em espaçamento reduzido, na safrinha 2010 (A) e 2011 (B). T1 = 0,45 m x 50.000 plantas ha⁻¹; T2 = 0,45 m x 65.000 plantas ha⁻¹; T3 = 0,45 m x 80.000 plantas ha⁻¹; T4 = 0,45 m x 95.000 plantas ha⁻¹; T5 = 0,45 m x 110.000 plantas ha⁻¹; T6 = 0,90 m x 25.000 plantas ha⁻¹. 28
- Figura 5. Diâmetro de caule da mamoneira IAC 2028, em função de populações de plantas em espaçamento reduzido, na safrinha 2010 (A) e 2011 (B). T1 = 0,45 m x 50.000 plantas ha⁻¹; T2 = 0,45 m x 65.000 plantas ha⁻¹; T3 = 0,45 m x 80.000 plantas ha⁻¹; T4 = 0,45 m x 95.000 plantas ha⁻¹; T5 = 0,45 m x 110.000 plantas ha⁻¹; T6 = 0,90 m x 25.000 plantas ha⁻¹. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. ** é significativos a 1% de probabilidade pelo teste F. 29
- Figura 6. Número de folhas por planta da mamoneira IAC 2028, em função de populações de plantas em espaçamento reduzido, na safrinha 2010 (A) e 2011 (B). T1 = 0,45 m x 50.000 plantas ha⁻¹; T2 = 0,45 m x 65.000 plantas ha⁻¹; T3 = 0,45 m x 80.000 plantas ha⁻¹; T4 = 0,45 m x 95.000 plantas ha⁻¹; T5 = 0,45 m x 110.000 plantas ha⁻¹; T6 = 0,90 m x 25.000 plantas ha⁻¹. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. * e ** são significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. 30
- Figura 7. Área foliar (cm² planta⁻¹) da mamoneira IAC 2028, em função de populações de plantas em espaçamento reduzido, na safrinha 2010 (A) e 2011 (B). T1 = 0,45 m

- x 50.000 plantas ha⁻¹; T2 = 0,45 m x 65.000 plantas ha⁻¹; T3 = 0,45 m x 80.000 plantas ha⁻¹; T4 = 0,45 m x 95.000 plantas ha⁻¹; T5 = 0,45 m x 110.000 plantas ha⁻¹; T6 = 0,90 m x 25.000 plantas ha⁻¹. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. ** é significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. 31
- Figura 8. Massa seca de folhas (g planta⁻¹) da mamoneira IAC 2028, em função de populações de plantas em espaçamento reduzido, na safrinha 2010 (A) e 2011 (B). T1 = 0,45 m x 50.000 plantas ha⁻¹; T2 = 0,45 m x 65.000 plantas ha⁻¹; T3 = 0,45 m x 80.000 plantas ha⁻¹; T4 = 0,45 m x 95.000 plantas ha⁻¹; T5 = 0,45 m x 110.000 plantas ha⁻¹; T6 = 0,90 m x 25.000 plantas ha⁻¹. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. ** é significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. 32
- Figura 9. Taxa de crescimento absoluto da área foliar (TCAaf) (cm² dia⁻¹) da mamoneira IAC 2028, em função de populações de plantas em espaçamento reduzido, na safrinha 2010 (A) e 2011 (B). T1 = 0,45 m x 50.000 plantas ha⁻¹; T2 = 0,45 m x 65.000 plantas ha⁻¹; T3 = 0,45 m x 80.000 plantas ha⁻¹; T4 = 0,45 m x 95.000 plantas ha⁻¹; T5 = 0,45 m x 110.000 plantas ha⁻¹; T6 = 0,90 m x 25.000 plantas ha⁻¹. 33
- Figura 10. Taxa de Crescimento Relativo da Área Foliar (TCRaf) (cm cm⁻² dia⁻¹) da mamoneira IAC 2028, em função de populações de plantas em espaçamento reduzido, na safrinha 2010 (A) e 2011 (B). T1 = 0,45 m x 50.000 plantas ha⁻¹; T2 = 0,45 m x 65.000 plantas ha⁻¹; T3 = 0,45 m x 80.000 plantas ha⁻¹; T4 = 0,45 m x 95.000 plantas ha⁻¹; T5 = 0,45 m x 110.000 plantas ha⁻¹; T6 = 0,90 m x 25.000 plantas ha⁻¹. 34
- Figura 11. Área foliar específica (AFE) (cm² g⁻¹) da mamoneira IAC 2028, em função de populações de plantas em espaçamento reduzido, na safrinha 2010 (A) e 2011 (B). T1 = 0,45 m x 50.000 plantas ha⁻¹; T2 = 0,45 m x 65.000 plantas ha⁻¹; T3 = 0,45 m x 80.000 plantas ha⁻¹; T4 = 0,45 m x 95.000 plantas ha⁻¹; T5 = 0,45 m x 110.000 plantas ha⁻¹; T6 = 0,90 m x 25.000 plantas ha⁻¹. 35
- Figura 12. Índice de área foliar (IAF) da mamoneira IAC 2028, em função de populações de plantas em espaçamento reduzido, na safrinha 2010 (A) e 2011 (B). T1 = 0,45 m x 50.000 plantas ha⁻¹; T2 = 0,45 m x 65.000 plantas ha⁻¹; T3 = 0,45 m x 80.000 plantas ha⁻¹; T4 = 0,45 m x 95.000 plantas ha⁻¹; T5 = 0,45 m x 110.000 plantas ha⁻¹; T6 = 0,90 m x 25.000 plantas ha⁻¹. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. ** é significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. 36
- Figura 13. Massa seca de caule (g planta⁻¹) da mamoneira IAC 2028, em função de populações de plantas em espaçamento reduzido, na safrinha 2010 (A) e 2011 (B). T1 = 0,45 m x 50.000 plantas ha⁻¹; T2 = 0,45 m x 65.000 plantas ha⁻¹; T3 = 0,45 m x 80.000 plantas ha⁻¹; T4 = 0,45 m x 95.000 plantas ha⁻¹; T5 = 0,45 m x 110.000 plantas ha⁻¹; T6 = 0,90 m x 25.000 plantas ha⁻¹. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. ** é significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. 37

- Figura 14. Massa seca de estrutura reprodutiva (g planta^{-1}) da mamoneira IAC 2028, em função de populações de plantas em espaçamento reduzido, na safrinha 2010 (A) e 2011 (B). T1 = 0,45 m x 50.000 plantas ha^{-1} ; T2 = 0,45 m x 65.000 plantas ha^{-1} ; T3 = 0,45 m x 80.000 plantas ha^{-1} ; T4 = 0,45 m x 95.000 plantas ha^{-1} ; T5 = 0,45 m x 110.000 plantas ha^{-1} ; T6 = 0,90 m x 25.000 plantas ha^{-1} . Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. ** é significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. 38
- Figura 15. Massa seca total (g planta^{-1}) da mamoneira IAC 2028, em função de populações de plantas em espaçamento reduzido, na safrinha 2010 (A) e 2011 (B). T1 = 0,45 m x 50.000 plantas ha^{-1} ; T2 = 0,45 m x 65.000 plantas ha^{-1} ; T3 = 0,45 m x 80.000 plantas ha^{-1} ; T4 = 0,45 m x 95.000 plantas ha^{-1} ; T5 = 0,45 m x 110.000 plantas ha^{-1} ; T6 = 0,90 m x 25.000 plantas ha^{-1} . Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. ** é significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. 40
- Figura 17. Massa seca total (kg ha^{-1}) da mamoneira IAC 2028, em função de populações de plantas em espaçamento reduzido, na safrinha 2010 (A) e 2011 (B). T1 = 0,45 m x 50.000 plantas ha^{-1} ; T2 = 0,45 m x 65.000 plantas ha^{-1} ; T3 = 0,45 m x 80.000 plantas ha^{-1} ; T4 = 0,45 m x 95.000 plantas ha^{-1} ; T5 = 0,45 m x 110.000 plantas ha^{-1} ; T6 = 0,90 m x 25.000 plantas ha^{-1} . Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. ** é significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. 40
- Figura 17. Taxa de crescimento absoluto de massa seca (TCAs) (g dia^{-1}) da mamoneira IAC 2028, em função de populações de plantas em espaçamento reduzido, na safrinha 2010 (A) e 2011 (B). T1 = 0,45 m x 50.000 plantas ha^{-1} ; T2 = 0,45 m x 65.000 plantas ha^{-1} ; T3 = 0,45 m x 80.000 plantas ha^{-1} ; T4 = 0,45 m x 95.000 plantas ha^{-1} ; T5 = 0,45 m x 110.000 plantas ha^{-1} ; T6 = 0,90 m x 25.000 plantas ha^{-1} 41
- Figura 18. Taxa de crescimento relativo de massa seca (TCAs) ($\text{g g}^{-1} \text{dia}^{-1}$) da mamoneira IAC 2028, em função de populações de plantas em espaçamento reduzido, na safrinha 2010 (A) e 2011 (B). T1 = 0,45 m x 50.000 plantas ha^{-1} ; T2 = 0,45 m x 65.000 plantas ha^{-1} ; T3 = 0,45 m x 80.000 plantas ha^{-1} ; T4 = 0,45 m x 95.000 plantas ha^{-1} ; T5 = 0,45 m x 110.000 plantas ha^{-1} ; T6 = 0,90 m x 25.000 plantas ha^{-1} 42
- Figura 19. Razão de Área Foliar (RAF) ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$) da mamoneira IAC 2028, em função de populações de plantas em espaçamento reduzido, na safrinha em 2010 (A) e 2011 (B). T1 = 0,45 m x 50.000 plantas ha^{-1} ; T2 = 0,45 m x 65.000 plantas ha^{-1} ; T3 = 0,45 m x 80.000 plantas ha^{-1} ; T4 = 0,45 m x 95.000 plantas ha^{-1} ; T5 = 0,45 m x 110.000 plantas ha^{-1} ; T6 = 0,90 m x 25.000 plantas ha^{-1} 43
- Figura 20. Taxa Assimilatória Líquida (TAL) da mamoneira IAC 2028, em função de populações de plantas em espaçamento reduzido, na safrinha em 2010 (A) e 2011 (B). T1 = 0,45 m x 50.000 plantas ha^{-1} ; T2 = 0,45 m x 65.000 plantas ha^{-1} ; T3 = 0,45 m x 80.000 plantas ha^{-1} ; T4 = 0,45 m x 95.000 plantas ha^{-1} ; T5 = 0,45 m x 110.000 plantas ha^{-1} ; T6 = 0,90 m x 25.000 plantas ha^{-1} 44

1 RESUMO

Com o lançamento de cultivares adaptados à colheita mecanizada, a ricinocultura tem-se tornado economicamente viável em médias e grandes propriedades, inclusive como opção para o período de safrinha, em rotação com outras culturas graníferas. Contudo, ainda existem muitas dúvidas a respeito da influência da população de plantas em espaçamentos reduzidos, no crescimento e desempenho dessas cultivares. Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o crescimento e a produtividade da cultivar de mamona IAC 2028 na safrinha, em função da população de plantas em espaçamento reduzido. Foi conduzido um experimento por dois anos (2009 e 2010), em Botucatu-SP. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por cinco populações de plantas (50.000, 65.000, 80.000, 95.000 e 110.000 plantas ha⁻¹), no espaçamento entre fileiras de 0,45 m (reduzido), e um tratamento adicional (com população de 25.000 plantas ha⁻¹ e espaçamento entre fileiras de 0,90 m). Durante o ciclo da cultura foram avaliadas, a cada 14 dias, a altura das plantas, diâmetro do caule, número de folhas vivas, área foliar, acúmulo e distribuição da massa de matéria seca, área foliar específica, razão de área foliar, índice de área foliar, taxas de crescimento absoluto e relativo e taxa assimilatória líquida. No final do ciclo foram avaliadas algumas características agronômicas e produtividade de grãos. O aumento da população de plantas reduziu o crescimento da mamoneira IAC 2028 na safrinha. Em maiores populações de plantas a mamoneira apresentou maior índice de área foliar e acúmulo de matéria seca por área. As taxas de crescimento absoluto de área foliar e massa seca foram mais elevadas sob menores

populações de plantas e espaçamento entre fileiras mais amplo, quando as condições ambientais foram mais favoráveis ao crescimento. A taxa de crescimento absoluto de área foliar da mamoneira IAC 2028 no período de safrinha atingiu o máximo entre 40 e 60 DAE, enquanto a taxa de crescimento absoluto em massa seca foi máxima entre 84 e 112 DAE. A população de plantas não teve influência na altura de planta, razão de área foliar, taxa de crescimento relativo e taxa assimilatória líquida. Maiores populações de plantas reduziram a sobrevivência, o número de racemos por planta, o número de frutos por racemo e a massa de 100 grãos, porém proporcionou maior altura de inserção do primeiro racemo. Em espaçamento entre fileiras reduzido (0,45 m), a variação na população de plantas de 50.000 a 110.000 plantas ha⁻¹ não interfere na produtividade de grãos da mamoneira IAC 2028 na safrinha.

GROWTH AND YIELD OF CASTOR IAC 2028 IN OUT-OF-SEASON UNDER DIFFERENT PLANTS POPULATION IN NARROW ROW SPACING. Botucatu, 2012, 60p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: TAILENE ELISA KOTZ

Adviser: ROGÉRIO PERES SORATTO

2 SUMMARY

With the release of cultivars adapted to mechanical harvesting, the castor cultivation has become economically viable in medium and large farms, as well like a option for out-of-season (fall-winter) and grain crop rotation. However, there are still many questions about the influence of plant populations narrow row spacing, growth and performance of current cultivars. Thus, the objective of this study was to evaluate the growth and productivity of castor cultivar IAC 2028 in second season, according different population of plants for the narrow row spacing. A study was carried for two years in out-of-season (2010 and 2011), in Botucatu-SP. Randomized block was used with four replications. The treatments were five plant populations (50,000, 65,000, 80,000, 95,000 and 110,000 plants ha⁻¹), with 0.45 m row spacing (narrow), and an additional treatment with a population of 25,000 plants ha⁻¹, with conventional row spacing (0.90 m). During the crop development were evaluated every 14 days, the following growth variables plant height, stem diameter, number of living leaves, leaf area, accumulation and distribution of dry matter, specific leaf area, leaf area ratio, leaf area index, relative and growth rates and net assimilation rate. At the end of season were evaluated some agronomic characteristics and grain yield. The increase in plant population reduced the growth of the castor bean IAC 2028 out-of-season. Highest populations reached higher leaf area index and dry matter accumulation per area. The absolute growth rates of leaf area and dry weight were higher in narrow row spacing populations and larger row spacing, when environmental conditions were more favorable for growth plant. The absolute growth rate of leaf area for castor bean IAC 2028 in out-of-season were obtained between 40 and 60

DAE, while the absolute growth rate for dry mass was maximum at 84 and 112 DAE. The plant population had no influence on plant height, leaf area ratio, relative growth rate and net assimilation rate. Higher plant populations reduced survival, the number of racemes per plant, number of fruits per raceme and the mass of 100 grains, but provided greater height of insertion of the first raceme. In narrow row spacing (0.45 m), the variation in plant population from 50,000 to 110,000 plants ha⁻¹ did not affect the grain yield of IAC 2028 in out-of-season.

Keywords: *Ricinus communis*, spatial arrangement, growth analysis, growth rates, leaf area, yield components.

3 INTRODUÇÃO

A mamona (*Ricinus communis* L.) é uma cultura de alto valor social e econômico, sendo fonte de divisas para o país. Essa cultura apresenta como principal produto o óleo extraído das suas sementes, o qual tem inúmeras aplicações e excelentes propriedades, tendo grande demanda industrial devido ao fato de que, em muitas de suas aplicações, não pode ser substituído por outros óleos vegetais, além de ter grande potencial de ser utilizado com fonte de energia (FREIRE et al., 2007; TURATTI et al., 2002), apresentando, portanto, alto valor estratégico.

O Brasil já foi o maior produtor mundial e exportador de óleo de mamona, contudo, nas últimas décadas o país perdeu espaço no cenário mundial, devido principalmente ao alto custo de produção associado à falta de uso de tecnologia, como insumos, cultivares melhoradas, manejo adequado e colheita mecanizada. Com o aumento da demanda por óleos vegetais, a produção da matéria prima precisa ser aumentada, visto que, especialmente no estado de São Paulo, a produção de grãos está muito aquém da necessidade industrial instalada.

Nos últimos anos, a área de melhoramento genético tem buscado lançar cultivares com maior potencial produtivo, precocidade, amadurecimento uniforme, baixa deiscência, alto teor de óleo, resistência a pragas e doenças e porte baixo, fatores que favorecem a colheita mecanizada. Isso tem tornando a cultura economicamente viável a médias e grandes propriedades (AZEVEDO et al., 2007), inclusive como opção para o período

de safrinha (outono/inverno), no qual a limitação hídrica pode comprometer a viabilidade de outras culturas, tornando possível a produção de mamona em áreas que permaneciam em pousio durante esse período, portanto sem interferir na área de cultivo com alimentícias. Porém, o cultivo em larga escala exige tecnologias mais avançadas para que as cultivares expressem seu potencial produtivo.

O arranjo e, principalmente a população de plantas governam, em grande parte, a competição por nutrientes, água, luz, CO₂ e outros fatores da produção, interferindo assim na produtividade da cultura da mamona. Os materiais encontrados no mercado apresentam elevada variação no hábito de crescimento e na habilidade de resposta à variação das condições de cultivo. Para a mamoneira de porte baixo, a definição da população ideal de plantas é um aspecto complexo (AZEVEDO et al., 2007). Elevadas populações podem induzir ao desenvolvimento de plantas altas e sujeitas ao acamamento. Por outro lado, populações reduzidas favorecem a incidência de plantas daninhas, florescimento tardio, além de ramificações laterais alongadas, dificultando a colheita mecanizada.

Outro aspecto importante a ser considerado é o uso de máquinas e equipamentos já existentes na propriedade. A adequação e padronização dos espaçamentos entre linhas das culturas, facilita as operações de semeadura, pulverização e colheita, além de reduzir os efeitos negativos causados pela competição entre plantas por água, luz e nutrientes.

Alguns estudos têm demonstrado a possibilidade de obtenção de produtividades satisfatórias de cultivares de mamona de porte baixo em espaçamentos reduzidos, e com elevadas populações de plantas, tanto na safra de verão (KITTOCK e WILLIAMS, 1970; GONDIM et al., 2006; SOUZA-SCHLICK, 2010; SORATTO et al., 2011; SORATTO et al., 2012), como na safrinha (SOUZA-SCHLICK, 2010; SOUZA-SCHLICK, et al., 2011; SORATTO et al., 2012). Contudo, ainda existem muitas dúvidas a respeito do crescimento e desempenho das cultivares recentemente lançadas, em função da população de plantas em espaçamentos reduzidos, especialmente em condições de safrinha.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o crescimento e a produtividade da cultivar de mamona IAC 2028 na safrinha, em função da população de plantas em espaçamento reduzido.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A mamona (*R. 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). A domesticação da cultura perde-se no tempo, tendo sido relatado seu uso no Egito, no ano 4000 a.c. (ASTMON, 1989). Foi trazida para o Brasil pelos portugueses, com a finalidade de utilizar seu óleo para a iluminação e a lubrificação de eixos de carroças. O clima tropical, predominante no país, facilitou seu alastramento por praticamente todas as regiões (SANTOS et al., 2007).

O óleo extraído das sementes é o principal produto da mamona. Este óleo processado tem inúmeras aplicações, que incluem o uso medicinal e cosmético, fabricação de plásticos e lubrificantes. O produto 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; SANTOS et al., 2007).

Além da sua utilização pela indústria ricinoquímica, o óleo de mamona também pode ser utilizado como matéria prima para a produção de biodiesel (BELTRÃO, 2003; NASS et al., 2007). Porém, seu destaque deve-se a sua elevada densidade e viscosidade, sendo onze vezes mais denso que o óleo da soja. É o único óleo glicerídico solúvel em álcool a frio, enquanto que os demais óleos necessitam ser aquecidos até 70°C para atingirem solubilidade. Ainda apresenta cerca de 4% a mais de oxigênio, o que é altamente desejável.

Além disso, o rendimento com óleo da mamona é muito elevado, visto que um litro de óleo possibilita a obtenção de um litro de biodiesel (BELTRÃO, 2003).

O Brasil chegou a ser o maior produtor e exportador de óleo de mamona. A partir de 1985/1986, houve uma redução da área colhida e da quantidade produzida, devido a não-competitividade econômica da mamona em relação a outras culturas (SANTOS et al., 2007). Atualmente o Brasil é o 3º maior produtor de mamona, com produção de aproximadamente 141,3 mil toneladas na safra 2010/11 e produtividade média de 644 kg ha⁻¹ (CONAB, 2011). A maior parte da produção nacional concentra-se na região nordeste, sendo a Bahia o principal estado produtor, porém as maiores produtividades em grãos são obtidas nas regiões sul e sudeste, nos estados do São Paulo, Paraná e Minas Gerais respectivamente (CONAB, 2011).

Historicamente, a ricinocultura no Brasil, caracterizava-se pelo cultivo em áreas de baixo nível tecnológico, onde se inclui a semeadura manual, em covas, com espaçamentos largos e posterior operação de desbaste e colheita manual acarretando, muitas vezes, com aumentos significativos nos custos de produção pelo uso intensivo de mão-de-obra (SANTOS et al., 2007; SAVY FILHO, 2005). A partir do final da década de noventa, do século passado, houve uma ampliação na demanda do óleo de mamona, devido a sua utilização pela indústria ricinoquímica. Isso fez com que seu cultivo que era até aquele momento “tradicional”, ou seja, sob a forma de trabalho familiar, sem mecanização e utilização de insumos modernos, iniciar uma segunda forma de cultivo, especialmente nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste. Este novo sistema de cultivo é destinado, principalmente a médias e grandes áreas e, conseqüentemente, com níveis tecnológicos mais avançados.

Em função da relevância que a mamona apresenta para produção de óleo, para uso industrial e biodiesel, e o incentivo de seu cultivo em praticamente todo o país, a área de melhoramento genético tem buscado lançar variedades e híbridos com as seguintes características: potencial produtivo, precocidade, amadurecimento uniforme, baixa deiscência, alto teor de óleo, resistência a pragas e doenças e porte baixo, que são adequados à colheita mecanizada, tornando a cultura economicamente viável a médias e grandes propriedades (AZEVEDO et al., 2007), em rotação com culturas anuais (SOUZA-SCHLICK, 2010; SORATTO et al., 2012).

Uma das formas para aumentar a produção de mamona sem interferir na área cultivada com culturas alimentícias, é a utilização das áreas agrícolas que permanecem em pousio durante o período de outono/inverno, ou seja, na entressafra. Segundo Tsunechiro e Arias (1997) a possibilidade de utilização mais racional dos fatores de produção como solo, máquinas, equipamentos e mão-de-obra, em um período ocioso do ano, favorece a semeadura nessa época. Porém, devido à baixa disponibilidade de precipitações pluviais durante a entressafra, poucas são as opções de espécies com capacidade de se desenvolver e produzir nesse período, sendo assim grande parte das áreas agrícolas permanece em pousio (PEREIRA, 2001).

Das espécies oleaginosas alternativas para cultivo de entressafra (safrinha) para o Estado de São Paulo e, para maior parte do Cerrado brasileiro, que apresentam inverno seco, a mamona tem se destacado. Essa oleaginosa apresenta grande plasticidade fenotípica, respondendo fortemente à diferentes condições edafoclimáticas e de cultivo (SAVY FILHO, 2005). Possui sistema radicular robusto e denso, do tipo pivotante, de elevada capacidade de penetração (BELTRÃO e AZEVEDO, 2007), podendo chegar a mais de 1,5 m de profundidade, em solos profundos e bem drenados, conferindo a capacidade de explorar as camadas mais profundas do solo. Essas particularidades do sistema radicular da mamona proporcionam maior aeração, capacidade de retenção e distribuição da água no solo. Desta maneira, essa oleaginosa é caracterizada como planta tolerante a seca, permitindo a obtenção de boas produtividades de grãos em condições climáticas, que normalmente, não é possível para as culturas tradicionais como milho, soja, algodão (SAVY FILHO et al., 1999), como é o caso da safrinha em muitas regiões do Brasil.

Contudo, para se obter elevadas produtividades de mamona no período de safrinha, é necessário conhecer para as novas cultivares de porte baixo, quais as práticas culturais mais adequadas e que facilite os tratos culturais e as operações mecanizadas, envolvendo a colheita (SOUZA-SCHLICK, 2010).

O espaçamento entre fileiras e a distância entre plantas na fileira são os dois fatores que definem a população e o arranjo de plantas em uma lavoura. A semeadura de uma lavoura de mamona na população de plantas adequada é uma das tecnologias mais simples de ser aplicada e que pode resultar em significativo aumento de produtividade (SEVERINO et al., 2006a), pois afeta diretamente a interceptação de radiação solar

(ARGENTA et al., 2001). 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).

Para obtenção de altas produtividades de grãos, deve-se maximizar a duração da interceptação da radiação, utilizar eficientemente a energia interceptada (fotossíntese), distribuir os novos assimilados na proporção ótima para formação de folhas, caules, raízes e de estruturas reprodutivas e manter estes processos com custo mínimo para a planta (LOOMIS e AMTHOR, 1999). Segundo Pereira (2007), a população ótima de plantas para uma determinada cultura seria aquela com um número de plantas por área, capaz de dar a maior produtividade, em um solo com um determinado nível de fertilidade. Para Olson e Sander (1988), não há uma recomendação de densidade de semeadura ideal para todas as condições, pois a densidade ótima varia dependendo de todos os fatores ambientais, bem como fatores controlados, como fertilidade do solo, cultivar, época de semeadura e sistema de semeadura (manual ou mecanizado), entre outros.

Segundo Severino et al. (2006a), quando se diminui o espaçamento entre as fileiras numa lavoura de mamona, intensifica-se a competição entre as plantas por água e nutrientes. Por outro lado, sob densidade populacional mais alta ocorre maior interceptação da luz e o sombreamento das plantas daninhas ocorre mais cedo, o que desfavorece o crescimento destas e influencia positivamente a produtividade da mamoneira. Na cultura da soja, alguns produtores vêm diminuindo o espaçamento entre as fileiras, bem como, as doses e o número de aplicações de herbicidas, como estratégia para redução dos custos de produção, a fim de permitir a eficiência cultural no processo de competição com as plantas daninhas (HEIFFIG et al., 2006). Na cultura do algodão, populações de plantas ultra-adensadas têm proporcionado benefícios como menor custo de produção, devido a menor incidência de pragas, maior competição com plantas daninhas, maior precocidade, melhor conservação do solo e utilização dos insumos, e maior produtividade (SILVA, 2007).

De acordo com Silva et al. (2000), em populações suficientemente baixas, a produção por plantas é máxima, aumentando-se a população, a produção por planta decresce, havendo no entanto aumento na produtividade, sendo que o decréscimo individual é compensado pelo aumento do número de indivíduos por área. Segundo Pereira (1989), a curva de produção por unidade de área passa por um máximo, onde a população é ideal, a partir daí,

o decréscimo na produção individual não é compensado pelo aumento da população de plantas.

Para Ferreira et al. (2006), populações com mais de 50.000 plantas ha^{-1} de mamoneira, tem sido adotadas em alguns híbridos e variedades anãs. As configurações de semeadura utilizadas são de 0,70 a 1,0 m por 0,35 a 0,90 m, com esse tipo de planta. Segundo esses autores, no Texas-EUA, em condição irrigada, híbridos americanos podem ser cultivados no espaçamento de 0,70 m x 0,20 m, com mais de 70.000 plantas ha^{-1} e alcançam produtividade de até 4.800 kg ha^{-1} em colheita mecanizada. Gondim et al. (2006), obteve aumento de produtividade de mais de 60%, trabalhando com espaçamento 0,60 m entre fileiras 0,37 m entre plantas, em comparação com espaçamentos mais largos, e não verificou interferência na altura das plantas. Vale (2009) estudando os feitos de diferentes espaçamentos entre fileiras, sem alterar a distância entre planta na fileira (0,50 x 1,00 m; 0,75 x 1,00 m; 1,00 x 1,00 m; 1,25 x 1,00 m; 1,50 x 1,00 m e 1,75 x 1,00 m) para a cultivar BRS Energia, observou as maiores produtividades nas configurações de 0,5 x 1,0 m e 0,75 x 1,0 m com produtividades de grãos superiores a 2.000 kg ha^{-1} .

Souza-Schlick et al. (2011), trabalhando com a cultivar IAC 2028 em espaçamentos entre fileiras (0,45, 0,60, 0,75 e 0,90 m) e populações de plantas (25.000, 40.000, 55.000 e 70.000 plantas por ha^{-1}) na safrinha, verificaram que independentemente do espaçamento, o aumento do número de plantas por área reduziu a massa de matéria seca da parte aérea, o diâmetro do caule, os componentes da produção e incrementou a altura de inserção do primeiro racemo, mas pouco interferiu na produtividade de grãos. Soratto et al. (2012) observaram que o aumento da população de 25.000 plantas ha^{-1} para 55.000 plantas ha^{-1} , combinado com a redução do espaçamento entre fileiras de 0,90 m para 0,60 m, aumentou em 17% a produtividade de grãos de dois cultivares de mamona de porte baixo na safrinha. Segundo Souza-Schlick (2010) e Soratto et al. (2012), as mesmas cultivares de mamona de porte baixo quando cultivadas no período de safrinha apresentaram menor altura de plantas, quando comparadas com o cultivo na safra de verão. Isso ocorre, provavelmente, devido à menor disponibilidade hídrica e as menores temperaturas que ocorrem no cultivo de safrinha. Essas constatações são indicativo de que pode ser possível que a utilização de espaçamentos entre fileiras reduzidos e populações de plantas ainda maiores, proporcionem redução no ciclo

da cultura, facilitem o manejo e aumente a produtividade de grãos na safrinha, por alterar a relação entre os órgãos da planta.

Dentro da propriedade agrícola, é interessante que o agricultor adeque o espaçamento aos equipamentos de semeadura e colheita disponíveis. Porém, cada genótipo deve ser cultivado dentro dos espaçamentos recomendados pelos obtentores, atendendo à disponibilidade de máquinas e implementos na propriedade, até que pesquisas locais definam o melhor arranjo de plantas (FERREIRA et al., 2006). De acordo com Cruz et al. (2006), diversos trabalhos realizados com milho têm demonstrado tendência de maiores produtividades de grãos em espaçamentos mais estreitos (0,45 e 0,50 m), principalmente com os híbridos modernos, que são de porte mais baixo e arquitetura mais ereta. Estes espaçamentos são também normalmente utilizados na semeadura da soja, sendo assim, hoje, com a disponibilidade de cultivares melhorados, de porte baixo, seria interessante o uso destes espaçamentos para a semeadura da mamona, tendo-se o aproveitamento das máquinas e a mecanização da cultura.

Quando uma cultura é implantada, o espaçamento entre plantas permite que estas se desenvolvam adequadamente até o momento em que, com o crescimento, começam a competir entre si, ocorrendo alterações morfológicas e fisiológicas (SCHAMNE et al., 2001). Essas alterações que ocorrem através da interação entre as plantas de uma comunidade, são importantes para a determinação do potencial produtivo das culturas (ALMEIDA et al., 2000). Para Beltrão et al. (2007), a resposta da mamoneira em relação à população de plantas por área é complexa, pois alterações no espaçamento e na população de plantas induzem a uma série de modificações no crescimento e desenvolvimento da planta. Segundo os autores, a altura de plantas, o diâmetro do caule principal, a altura de inserção do primeiro racemo e a produtividade são algumas das características morfológicas significativamente influenciadas pela população de plantas. Além de mudanças na arquitetura, crescimento e desenvolvimento da comunidade, as respostas à densidade de plantas incluem mudanças na absorção e partição de assimilados (CASAL et al., 1985). Há remanejamento de fotoassimilados e alteração do surgimento e da senescência de folhas, flores e ramos, bem como influência no rendimento, que é resultado do número de plantas existentes na área pela produção individual destas (COSTA et al., 1983).

Segundo Fronza et al. (1994), a produção por planta depende além do arranjo de sua população no campo, da plasticidade morfológica da espécie, que é fortemente influenciada por clima e genótipo. A plasticidade permite adaptações às condições do ambiente específico de cultivo, através de alterações nas características morfológicas individuais que os órgãos em desenvolvimento assumem (COSTA et al., 1983). A plasticidade dos componentes de rendimento pode facilitar a manutenção de nível de produção estável quando a variação de um componente compensa a variação de outro (ADAMS, 1967).

Um dos métodos que pode ser utilizado para avaliar a produtividade de culturas e permite que se investigue a adaptação ecológica a novos ambientes, a competição entre espécies e os efeitos do manejo e tratos culturais é a análise de crescimento (ALVAREZ et al., 2005). O fundamento dessa análise baseia-se no fato de que, praticamente toda a matéria orgânica acumulada ao longo do crescimento da planta, resulta da atividade fotossintética. O crescimento é avaliado através de variações em tamanho de algum aspecto das plantas em função do acúmulo de material resultante da fotossíntese (BENINCASA, 1988). Dessa forma, o acúmulo de matéria seca e o incremento da área foliar, quantificados em função do tempo, são utilizados na estimativa de vários índices fisiológicos relacionados às diferenças de desempenho entre cultivares ou de uma mesma cultivar em diferentes condições de cultivo (ALVES, 2009). Dentre esses índices pode-se citar: taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR), área foliar específica (AFE), razão de área foliar (RAF), taxa assimilatória líquida (TAL) e índice de área foliar (IAF) (BENINCASA, 2003).

Portanto, com o lançamento de cultivares adaptados à colheita mecanizada, a ricinocultura tem-se tornado economicamente viável em médias e grandes propriedades, porém, o cultivo em grande escala exige tecnologias mais avançadas para que as cultivares expressem seu potencial produtivo. Contudo, grande parte das informações que se tem hoje, é resultado de trabalhos realizados na região Nordeste do país, utilizando-se baixas populações de plantas e espaçamentos largos, com o uso de pouca tecnologia. Faz-se necessário então, determinar quais as práticas culturais mais adequadas para que se tenham altas produtividades, com melhor aproveitamento de área, que facilite os tratos culturais e as operações mecanizadas, e a torne competitiva frente à outras culturas no período de safrinha.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Localização e caracterização edafoclimática da área experimental

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA) - UNESP, Campus de Botucatu, localizada no município de Botucatu-SP, latitude 22° 51'S, longitude 48° 26'W e altitude de 740 m, durante o período de safrinha dos anos 2010 e 2011.

Segundo a classificação climática de Köeppen, o clima predominante na região é do tipo Cwa, caracterizado pelo clima tropical de altitude, com inverno seco e verão quente e chuvoso (LOMBARDI NETO e DRUGOWICH, 1994). Na Figura 1 estão contidos os dados de precipitação pluvial e temperaturas máximas e mínimas registrados na Estação Meteorológica da Fazenda Experimental Lageado, pertencente ao Departamento de Recursos Naturais – Setor de Climatologia, durante o período de condução do experimento nos anos de 2010 e 2011.

Mediante levantamento detalhado realizado por Carvalho et al. (1983) e utilizando-se o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 2006), o solo da área experimental utilizada em 2010 foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico e em 2011 como Nitossolo Vermelho distrófico.

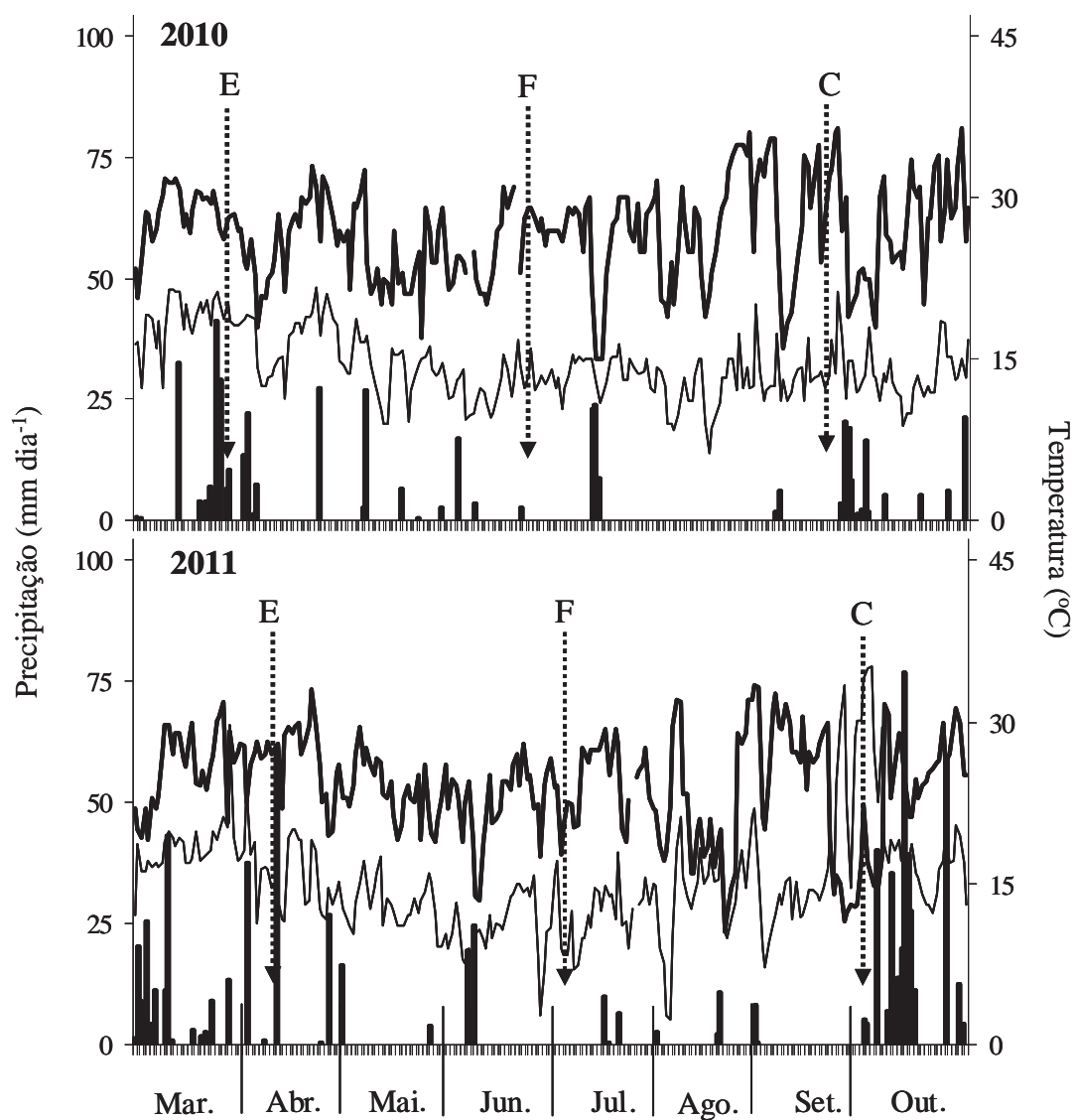


Figura 1. Precipitação pluvial (■), temperatura máxima (—) e temperatura mínima (---) diárias registradas na área experimental, no período de março a outubro de 2010 e 2011, bem como datas de emergência, florescimento do primeiro racemo e colheita da cultivar de mamona IAC 2028.

Antes da instalação de cada experimento foram coletadas amostras de solo na camada de 0 a 0,20 m de profundidade, para a análise química conforme Raij et al. (2001), cujos resultados estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Atributos químicos do solo, na profundidade de 0 a 0,20 m, antes da instalação dos experimentos.

Ano	pH(CaCl ₂)	M.O. (g dm ⁻³)	P(resina) (mg dm ⁻³)	H+Al	K	Ca	Mg	CTC	V (%)
2009/10	4,9	26	9	56	4,4	42	19	121	68
2010/11	4,6	28	43	63	1,8	35	14	114	45

5.2. Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado é o de blocos casualizados, com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por cinco populações de plantas (50.000, 65.000, 80.000, 95.000 e 110.000 plantas ha⁻¹), no espaçamento entre fileiras de 0,45 m (reduzido), e um tratamento adicional (tradicional) com população de 25.000 plantas ha⁻¹ e espaçamento entre fileiras de 0,90 m, conforme detalhado na Tabela 2.

Tabela 2. Detalhamento do arranjo de plantas nos diferentes tratamentos.

Tratamentos	Espaçamento entre fileiras (m)	População de plantas (plantas ha ⁻¹)	Distância entre plantas na fileira (m)
T1	0,45	50.000	0,44
T2	0,45	65.000	0,34
T3	0,45	80.000	0,28
T4	0,45	95.000	0,23
T5	0,45	110.000	0,20
T6	0,90	25.000	0,44

Cada unidade experimental possuía 5 m de largura e 15 metros de comprimento, perfazendo uma área total de 75 m². Assim, cada parcela foi composta de 10 e 5 fileiras nos espaçamentos de 0,45 e 0,90m, respectivamente. Para as avaliações foram consideradas apenas as linhas centrais, desprezando 0,5 m na extremidade de cada fileira de plantas e uma fileira de cada lado da unidade experimental.

5.3. Caracterização da cultivar de mamona

A cultivar IAC-2028 adapta-se às condições edafoclimáticas do Estado de São Paulo, apresenta porte baixo (170–190 cm na safra verão e 130–150 cm na safrinha), frutos indeiscentes, moderada suscetibilidade a doenças, em especial ao mofo-cinzeno, teor de óleo em torno de 47-49% e ciclo precoce, que varia de 150 a 170 dias na safrinha, produtividade de grãos na safrinha ao redor de 2.000 kg ha⁻¹, adequado para colheita mecanizada com automotriz (SAVY FILHO et al., 2007; SOUZA-SCHLICK, 2010).

5.4. Condução dos experimentos em campo

5.4.1. Ano 2010

A instalação do experimento foi realizada em sistema de semeadura direta, ou seja, sem preparo convencional do solo, em área anteriormente cultivada com a cultura da soja na safra verão.

Aproximadamente uma semana antes da semeadura (18/03/2010), foi realizada dessecação das plantas presentes na área experimental com a utilização do herbicida glyphosate, na dose de 1.440 g ha⁻¹ do ingrediente ativo (i.a.) utilizando volume de aplicação de 200 L ha⁻¹.

A semeadura foi realizada em 22/03/2010. A abertura dos sulcos e a distribuição do adubo foram realizadas com uma semeadora-adubadora tratorizada, modelo Personale DRILL-13, marca Semeato, provida de discos de corte e haste para abertura dos sulcos e regulada de acordo com o espaçamento. A adubação de semeadura seguiu a análise de solo (Tabela 1) as recomendações de Savy Filho (1996), para a cultura da mamona, sendo aplicados 180 kg ha⁻¹ do formulado 8-28-16 (N-P-K). As sementes foram tratadas com os fungicidas carboxina + tiram (60+60 g do i.a por 100 kg de sementes) e o inseticida tiametoxam (38 g do i.a por 100 kg de sementes). A distribuição e cobertura das sementes foi realizada com auxílio de uma semeadora manual de precisão, colocando-se no sulco as quantidades de sementes necessárias para a obtenção do dobro das populações de plantas desejadas para cada tratamento.

A emergência das plântulas ocorreu em 01/04/2010. Aos 12 dias após a emergência (DAE) foi realizado desbaste manual, estabelecendo-se as populações de plantas desejadas, de acordo com cada tratamento. A aplicação de nitrogênio em cobertura foi realizada em 29/04/2010 (28 DAE, quando as plantas estavam com 5-6 folhas completamente expandidas), utilizando-se 60 kg ha^{-1} de N na forma de sulfato de amônio

O controle de plantas daninhas foi realizado com capinas manuais e aplicação de setoxidim (216 g ha^{-1} do i.a) + óleo mineral (0,5%) em 16/04/2010, e clorimuron etílico (15 g ha^{-1} do i.a) em 27/04/2010.

O florescimento do primeiro racemo ocorreu em 24/06/2010 (84 DAE). A colheita foi realizada em 23/09/2010 (175 DAE).

5.4.2. Ano 2011

O experimento instalado em sistema de semeadura direta, em área anteriormente cultivada com a cultura do milho na safra verão.

A semeadura foi realizada em 29/03/2011, utilizando-se uma semeadora-adubadora tratorizada, modelo Personale DRILL-13, marca Semeato, regulada de acordo com o espaçamento e colocando-se no sulco a quantidade de sementes necessárias para a obtenção do dobro das populações de plantas desejadas para cada tratamento. As sementes foram tratadas com o fungicida carbendazim (50 g do i.a por 100 kg de sementes) e inseticida tiametoxam (38 g do i.a por 100 kg de sementes). A adubação de semeadura utilizada foi a mesma do primeiro ano, ou seja, 180 kg ha^{-1} do formulado 8-28-16 (N-P-K).

A emergência plena ocorreu em 11/04/2011. Aos 15 DAE foi realizado desbaste manual, estabelecendo-se as populações de plantas desejadas, de acordo com cada tratamento.

A aplicação de nitrogênio em cobertura foi realizada em 07/05/2011 (26 DAE), aplicando-se de 60 kg ha^{-1} de N na forma de sulfato de amônio.

O controle de plantas daninhas foi realizado através de capinas manuais, sempre que necessário.

O florescimento do primeiro racemo ocorreu em 04/07/2011 (84 DAE). A colheita foi realizada em 04/10/2011 (183 DAE).

5.5. Amostragem de plantas no campo

As amostragens/avaliações foram realizadas a cada 14 dias, na parte da manhã, iniciando-se 14 dias após a emergência (DAE). Assim, em ambos os anos, foram realizadas amostragens aos 14, 28, 42, 56, 70, 84, 98, 112, 126, 140 e 154 DAE. As amostragens/avaliações seguiram alguns critérios, como: a) seleção de plantas que tinham de todos os lados plantas competitivas e b) seleção de plantas com bom aspecto visual, ou seja, aparentemente bem nutridas e com ausência de sintomas de doenças, até quando possível.

5.6. Avaliações

5.6.1. Variáveis de crescimento

A cada 14 dias a partir da emergência, foram realizadas as seguintes avaliações em três plantas por unidade experimental:

5.6.1.1. Altura das plantas

A altura das plantas foi medida com auxílio de uma régua graduada, considerando-se para tanto a distância vertical do solo até o ponto mais alto da planta.

5.6.1.2. Diâmetro do caule

O diâmetro caulinar foi determinado na base das plantas, a 3 cm acima do solo, com auxílio de um paquímetro digital.

5.6.1.3. Número de folhas vivas

Foi realizada a contagem do número de folhas presente em cada planta.

5.6.1.4. Área foliar

As plantas foram levadas ao laboratório e após a separação em partes (caule, limbo, pecíolo e estruturas reprodutivas (quando presentes)), a área dos limbos foliares foi medida para a determinação da área foliar, com auxílio do equipamento AREA METER, modelo LI-3100.

5.6.1.5. Acúmulo e distribuição da massa de matéria seca

O acúmulo de massa de matéria seca (MS) foi determinado em cada órgão da planta (folhas (limbo+pecíolo), caule e estruturas reprodutivas (quando presentes)) e parte aérea (total), em todas as amostragens. O material coletado e devidamente separado foi acondicionado em sacos de papel e submetido à secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65° C por 96 horas. Após a secagem foi determinada a MS das amostras em balança analítica.

5.6.1.6. Área foliar específica (AFE)

Este índice foi determinado pela relação entre a área foliar média de uma planta e a massa de matéria seca de limbo foliar da planta. Obtida pela seguinte equação:

$$AFE = AF / MS_{lf}$$

Em que:

AFE = área foliar específica (cm² g⁻¹);

AF = área foliar (cm²);

MS_{lf} = massa de matéria seca do limbo foliar (g).

5.6.1.7. Razão de área foliar (RAF)

Foi determinada pela relação entre a área foliar média de uma planta e a massa de matéria seca da parte aérea da planta, mediante a seguinte equação:

$$RAF = AF / MS_t$$

Em que:

RAF = razão de área foliar (cm² g⁻¹);

AF = área foliar (cm²);

MSt = matéria seca da parte aérea da planta (g).

5.6.1.8. Índice de área foliar (IAF)

Foi calculado mediante a relação entre a área foliar média de uma planta e a superfície correspondente de terreno ocupada por aquela planta.

5.6.1.9. Taxas de crescimento absoluto e relativo (TCA, TCR)

As taxas de crescimento absoluto e relativo foram determinadas separadamente para altura de planta (TCAap, TCRap), área foliar (TCAaf, TCRaf) e massa de matéria seca da parte aérea (TCams, TCRms), seguindo o método de Portes e Castro Júnior (1991):

$$TCA = ae^{(bt+ct^2)} \cdot (b+2ct) \qquad TCR = b+2ct$$

Em que:

a, b, c = coeficientes ajustados por regressão;

e = exponencial;

t = instante de tempo;

\ln = logaritmo neperiano;

TCAap = taxa de crescimento absoluto em altura da planta (cm dia⁻¹);

TCRap = taxa de crescimento relativo em altura da planta (cm cm⁻¹ dia⁻¹);

TCAaf = taxa de crescimento absoluto em área foliar (cm² dia⁻¹);

TCRaf = taxa de crescimento relativo em área foliar (cm cm⁻² dia⁻¹);

TCams = taxa de crescimento absoluto em massa matéria seca (cm² dia⁻¹);

TCRms = taxa de crescimento relativo em massa matéria seca (cm cm⁻² dia⁻¹).

5.6.1.10. Taxa assimilatória líquida (TAL)

Representa o incremento em matéria seca por cada unidade de superfície de área foliar, durante certo intervalo de tempo ($\text{g}^{-1} \text{cm}^2 \text{dia}^{-1}$). Obtido seguindo o método de Portes e Castro Júnior (1991) pela seguinte equação:

$$\text{TAL} = (b+2ct).ae^{(bt+ct^2)} / a_1e^{(bt+ct^2)}$$

Em que:

a , b , c e d = coeficientes ajustados por regressão;

e = exponencial;

t = instante de tempo;

\ln = logaritmo neperiano.

5.6.2. Características agronômicas

No final do ciclo da cultura foram realizadas as seguintes avaliações:

5.6.2.1. Número de nós até a inserção do racemo primário

Foi determinado mediante a contagem do número de nós até a inserção do racemo primário, em cinco plantas por unidade experimental.

5.6.2.2. Altura da inserção do racemo primário

Foi medida com auxílio de uma régua graduada, considerando-se para tanto a distância vertical do solo até o ponto de inserção do primeiro racemo da planta, em cinco plantas por unidade experimental.

5.6.2.3. Comprimento médio dos racemos

Para determinação do comprimento médio dos racemos, as medidas foram tomadas na região da raque provida de frutos, com auxílio de uma régua graduada, pouco antes da colheita, em cinco plantas por unidade experimental.

5.6.2.4. Porcentagem de sobrevivência das plantas

Determinada mediante a relação entre a população inicialmente estabelecida e a população final de planta, avaliada na véspera da colheita, contando-se as plantas contidas em duas fileiras da área útil, com comprimento de 4 m, em cada unidade experimental, sendo os resultados convertidos em plantas ha⁻¹.

5.6.2.5. Número de racemos por planta

Determinado mediante a relação entre número total de racemos e o número total de plantas contidas nas duas fileiras da área útil, com comprimento de 4 m, em cada unidade experimental.

5.6.2.6. Número de frutos por racemo

Determinado mediante a relação entre o número total de frutos e o número total de racemos contidos nas as plantas de duas fileiras da área útil, com comprimento de 4 m, em cada unidade experimental.

5.6.2.7. Número médio de grãos por fruto

Foi determinado em duas amostras de 100 frutos de cada unidade experimental, mediante a relação entre número de grãos e o número de frutos destas amostras.

5.6.2.8. Massa de 100 grãos

Determinada por meio da pesagem de quatro amostras de 100 grãos por unidade experimental. Os dados obtidos foram transformados para 13% de umidade (base úmida).

5.6.2.9. Produtividade de grãos

Os racemos das plantas contidos nas duas fileiras da área útil, com comprimento de 4 m, em cada unidade experimental, foram colhidos manualmente, em uma

única ocasião, trilhados, separados e pesados. Posteriormente foi calculada a produtividade em kg ha^{-1} a 13% de umidade (base úmida).

5.6.2.10. Índice de colheita (IC)

O índice de colheita (IC) foi determinado por ocasião da colheita, pela relação entre a MS da parte aérea (incluindo os grãos) e a matéria seca dos grãos (PEIXOTO, 1998), em cinco plantas da área útil de cada unidade experimental. Calculado pela equação:

$$\text{IC} = (\text{MSg}) / (\text{MS})$$

Em que:

IC = índice de colheita;

MS = massa seca da parte aérea;

MSg = massa de matéria seca de grãos.

5.7. Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. Com os resultados das variáveis de crescimento realizou-se o ajuste de um modelo matemático, com auxílio do “software” SigmaPlot 10.0 e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As equações foram obtidas para descrever a variação, no tempo, das variáveis avaliadas. Com relação às características agronômicas, os efeitos das diferentes populações nos tratamentos com espaçamento entre fileiras de 0,45 m foram avaliados por meio de análise de regressão, adotando-se como critério para escolha do modelo a magnitude dos coeficientes de regressão significativos ($P \leq 0,05$) pelo teste F. Por meio do teste de Dunnett ($P \leq 0,05$), as médias das diferentes populações da plantas no espaçamento 0,45 m foram comparadas com a média do arranjo tradicional (0,90 m x 25.000 plantas ha^{-1}).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em ambas as safras, a altura das plantas de mamona aumentou até o final do ciclo (Figura 2). Em 2010, com exceção da avaliação realizada aos 126 DAE, os tratamentos não proporcionaram diferenças significativas na altura das plantas (Figura 2A), sendo a altura máxima atingida pelas plantas ao final do ciclo de 55,1 cm no tratamento T5 (0,45 m x 110.000 plantas ha⁻¹) e a mínima de 44,8 cm no T4 (0,45 m x 95.000 plantas ha⁻¹). Já em 2011, as plantas tiveram maior crescimento em altura, chegando à altura máxima de 108 cm no T3 (0,45 m x 80.000 plantas ha⁻¹), porém este tratamento foi significativamente superior apenas ao T1 (0,45 m x 50.000 plantas ha⁻¹), que apresentou altura média no final do ciclo de 68,5 cm (Figura 2B). Com o aumento da população de plantas ocorre alteração no arranjo das mesmas e é afetada a qualidade de luz interceptada, o que ocasiona maior absorção de luz na faixa do vermelho (V) e maior reflexão na do vermelho extremo (VE). Em plantas que recebem mais luz VE refletida, ou seja, maior relação VE/V, há alongação e afinamento do caule (KASPERBAUER e KARLEN, 1994). Souza-Schilck et al. (2011), em trabalho realizado com a mesma cultivar, nas safrinhas 2008 e 2009, observaram que nos espaçamentos estreitos (0,45, 0,60 e 0,75 m) o aumento da população reduziu a alturas das plantas. Os autores relacionaram tal efeito à maior competição entre as planta. Contudo, vale ressaltar que os mesmo obtiveram plantas com altura entre 127 e 143 cm, em condições de disponibilidade hídrica mais favoráveis.

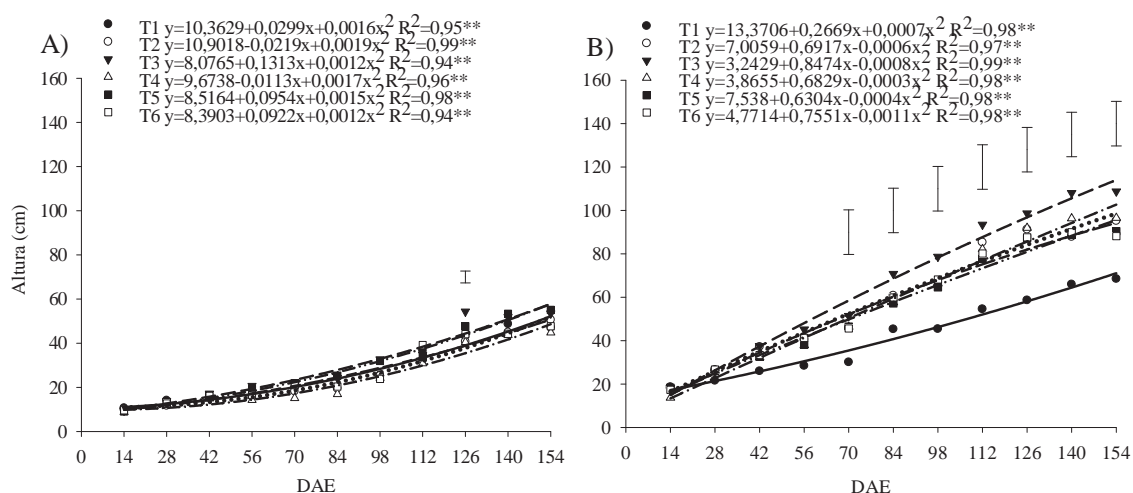


Figura 2. Altura de plantas da mamoneira IAC 2028 em função de populações de plantas em espaçamento reduzido, nas safrinhas 2010 (A) e 2011 (B). T1 = 0,45 m x 50.000 plantas ha⁻¹; T2 = 0,45 m x 65.000 plantas ha⁻¹; T3 = 0,45 m x 80.000 plantas ha⁻¹; T4 = 0,45 m x 95.000 plantas ha⁻¹; T5 = 0,45 m x 110.000 plantas ha⁻¹; T6 = 0,90 m x 25.000 plantas ha⁻¹. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. ** é significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

A taxa de crescimento absoluto de altura da planta (TCAap) no primeiro ano de cultivo foi inicialmente lenta, posteriormente foi aumentando até o final do ciclo da cultura, especialmente nos tratamentos T1, T2 e T4, que apresentaram taxa média de crescimento de aproximadamente 0,7 cm dia⁻¹ no final do ciclo (Figura 3A). A TCA pode ser usada para se ter idéia da velocidade média de crescimento ao longo do período de observação (BENINCASA, 2003). As plantas não chegaram a atingir uma velocidade máxima para depois diminuir, ou seja, a TCAap foi aumentando até o final do ciclo. Isso ocorreu provavelmente devido as condições adversas, especialmente a desuniformidade na distribuição de chuvas (Figura 1) e a menor disponibilidade de fósforo no solo (Tabela 1).

Já em 2011, em todos os tratamentos as TCAap foram maiores desde o início do ciclo e, com exceção do tratamento T1 (0,45 m x 50.000 plantas ha⁻¹), atingiram valores máximos por volta de 70 DAE, com posterior decréscimo (Figura 3B). O tratamento T3 apresentou maiores valores de TCAap (0,9 cm dia⁻¹), seguido de T4, T6, T2 e T5. O tratamento T1 foi à exceção, tendo crescimento mais lento durante quase todo o ciclo, porém com maior TCAap na fase final.

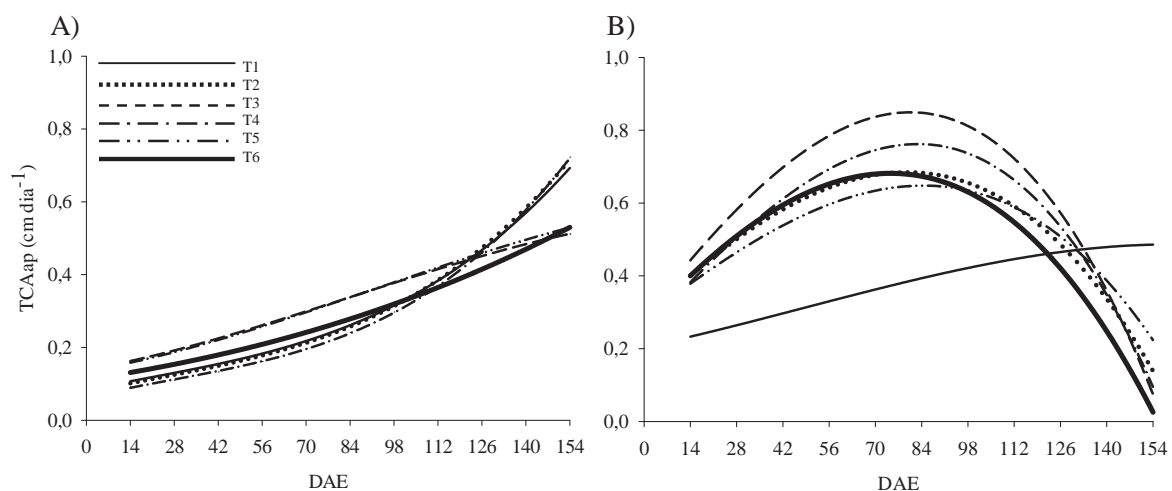


Figura 3. Taxa de crescimento absoluto da altura de planta (TCAap) (cm dia^{-1}) da mamoneira IAC 2028, em função de populações de plantas em espaçamento reduzido, na safrinha 2010 (A) e 2011 (B). T1 = 0,45 m x 50.000 plantas ha^{-1} ; T2 = 0,45 m x 65.000 plantas ha^{-1} ; T3 = 0,45 m x 80.000 plantas ha^{-1} ; T4 = 0,45 m x 95.000 plantas ha^{-1} ; T5 = 0,45 m x 110.000 plantas ha^{-1} ; T6 = 0,90 m x 25.000 plantas ha^{-1} .

A taxa de crescimento relativo em altura de planta (TCRap) foi crescente para T1, T2 e T4 e decrescente para T3, T5 e T6 durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura em 2010 (Figura 4A). Isso mostra que T1, T2 e T4 tiveram crescimento mais lento, enquanto que T3, T5 e T6 tiveram maior incremento da altura no início do ciclo. A TCR expressa o incremento de biomassa por unidade de biomassa existente, pelo tempo (CÂNDIDO, 2003).

Em 2011, a TCRap decresceu para todos os tratamentos no decorrer do ciclo, chegando a praticamente zero no final. Porém, o tratamento T1 (0,45 m x 50.000 plantas ha^{-1}), que apresentou crescimento mais lento (Figura 2B) e menor TCAap (Figura 3B) no início do ciclo, também apresentou menores valores de TCRap no início no ciclo e decréscimo menos acentuado dessa taxa (Figura 4B).

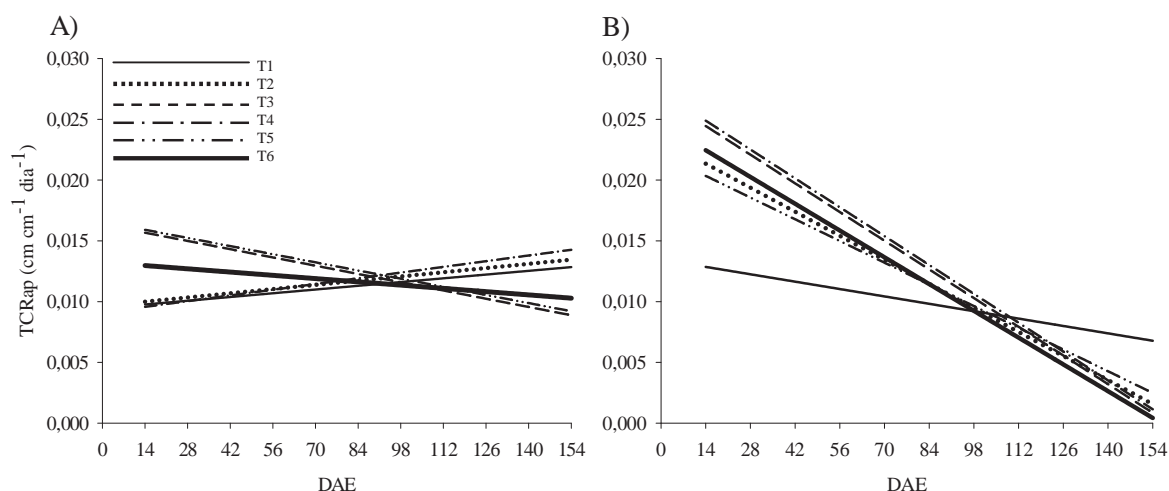


Figura 4. Taxa de crescimento relativo da altura de planta (TCRap) ($\text{cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) da mamoneira IAC 2028, em função de populações de plantas em espaçamento reduzido, na safrinha 2010 (A) e 2011 (B). T1 = 0,45 m x 50.000 plantas ha^{-1} ; T2 = 0,45 m x 65.000 plantas ha^{-1} ; T3 = 0,45 m x 80.000 plantas ha^{-1} ; T4 = 0,45 m x 95.000 plantas ha^{-1} ; T5 = 0,45 m x 110.000 plantas ha^{-1} ; T6 = 0,90 m x 25.000 plantas ha^{-1} .

O diâmetro do caule teve aumento rápido no início do ciclo (Figura 5). Em ambos os anos, o diâmetro do caule foi reduzido com o aumento da população, sendo maior em T6 (0,90 m x 25.000 plantas ha^{-1}) e menor nos tratamentos com as maiores populações de plantas (Figura 5). A redução do diâmetro do caule, com o incremento da população de plantas, pode ser explicada pela maior interceptação de luz na faixa do vermelho extremo refletida pelas plantas, em virtude do maior índice de área foliar e, conseqüentemente, do aumento da relação vermelho/vermelho extremo, o que leva à modificação no crescimento (KASPERBAUER e KARLEN, 1994) e ao estiolamento (BIZINOTO et al., 2010). Além disso, a competição por luz e nutrientes pode reduzir o engrossamento do caule das plantas sob maiores populações. Bizinoto et al. (2010) que trabalhou com arranjos de 1 x 1 m e 10.000 plantas ha^{-1} ; 0,90 x 0,70 m e 15.873 plantas ha^{-1} ; 1 x 0,50 m e 20.000 plantas ha^{-1} ; 0,90 x 0,50 m e 22.222 plantas ha^{-1} e 1,50 x 0,50 m e 13.333 plantas ha^{-1} , também observaram redução no diâmetro de caule em função do aumento da densidade populacional. Souza-Schlick et al. (2011), em trabalho realizado com a mamoneira IAC 2028 em populações de 25, 40, 55 e 70 mil plantas ha^{-1} em dois anos de cultivo, observaram que independente do espaçamento entre

linhas utilizado, o aumento da população reduziu o diâmetro do caule, o que pode ser explicado pela maior competição por luz na fileira.

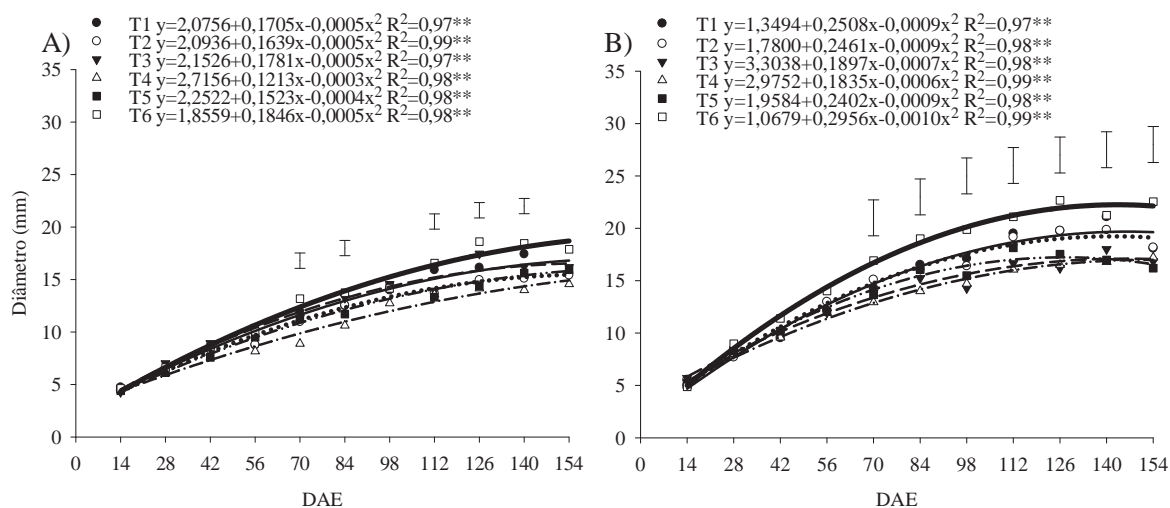


Figura 5. Diâmetro de caule da mamoneira IAC 2028, em função de populações de plantas em espaçamento reduzido, na safrinha 2010 (A) e 2011 (B). T1 = 0,45 m x 50.000 plantas ha⁻¹; T2 = 0,45 m x 65.000 plantas ha⁻¹; T3 = 0,45 m x 80.000 plantas ha⁻¹; T4 = 0,45 m x 95.000 plantas ha⁻¹; T5 = 0,45 m x 110.000 plantas ha⁻¹; T6 = 0,90 m x 25.000 plantas ha⁻¹. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. ** é significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Com relação ao número de folhas por planta, observa-se que em 2010 o tratamento T6 (0,90 m x 25.000 plantas ha⁻¹), seguido de T1 (0,45 m x 50.000 plantas ha⁻¹), apresentaram os maiores valores (Figura 6A). Nos primeiros 40 DAE houve incremento rápido do número de folhas por planta em todos os tratamentos, posteriormente mantendo-se estável até o final do ciclo, com exceção do tratamento T6, no qual foi constatado aumento também na fase final do ciclo.

Em 2011, o aumento no número de folhas por planta foi lento na fase inicial, com incremento mais rápido a partir de 56 DAE até aproximadamente 126 DAE, e posterior decréscimo no final do ciclo, provavelmente devido à intensificação da senescência das folhas (Figura 6B). Assim como em 2010, o tratamento T6 apresentou o maior número de folhas por planta, seguido dos tratamentos T1 e T2. Os resultados indicam que em espaçamentos mais largos e, ou, sob menores populações de plantas, a mamoneira produz e

mantém maior número de folhas por planta, especialmente na fase final do ciclo. Peixoto et al. (2008), em trabalho realizado avaliando o efeito de duas épocas de semeadura (início e final do período chuvoso), três densidades de plantas (5, 10, e 15 plantas m^{-1}) e três espaçamentos entrelinhas (0,50, 0,65 e 0,80 m), sobre as características agrônômicas e produtividade de amendoim, também verificaram que o aumento do número de plantas na linha, provoca forte tendência à redução do número médio de folhas na planta e, conseqüentemente, da sua área foliar, o que também pôde ser observado no presente trabalho (Figura 6 e 7). Segundo Peixoto (1998), a redução no número de folhas das plantas com densidades maiores, pode ser devido ao auto-sombreamento causado pelo maior número de folhas por área, nas populações de plantas mais elevadas.

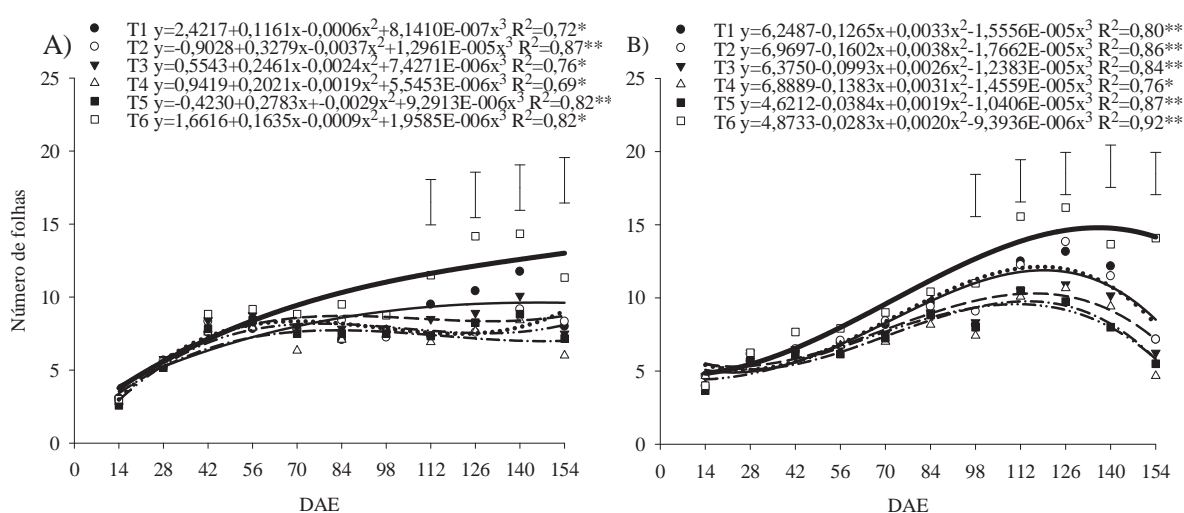


Figura 6. Número de folhas por planta da mamoneira IAC 2028, em função de populações de plantas em espaçamento reduzido, na safreinha 2010 (A) e 2011 (B). T1 = 0,45 m x 50.000 plantas ha^{-1} ; T2 = 0,45 m x 65.000 plantas ha^{-1} ; T3 = 0,45 m x 80.000 plantas ha^{-1} ; T4 = 0,45 m x 95.000 plantas ha^{-1} ; T5 = 0,45 m x 110.000 plantas ha^{-1} ; T6 = 0,90 m x 25.000 plantas ha^{-1} . Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. * e ** são significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Nos dois anos de estudo, o tratamento com espaçamento entre fileiras mais largo e menor população de plantas (T6) proporcionou maior área foliar por planta, porém diferindo apenas dos tratamentos com as populações mais elevadas (Figura 7). Isso pode ter ocorrido pelo fato das plantas possuírem maior área para explorar, já que plantas mais

adensadas acabam competindo por água, luz e nutrientes, refletindo, conseqüentemente, no desenvolvimento da planta. PEIXOTO (1998) avaliando três cultivares de soja, três épocas de semeadura (normal, tardia e safrinha) e três densidades de plantas (10, 20 e 30 plantas m^{-1}), observou que a área foliar da planta de soja diminuiu proporcionalmente com o aumento da densidade de plantas na linha de semeadura.

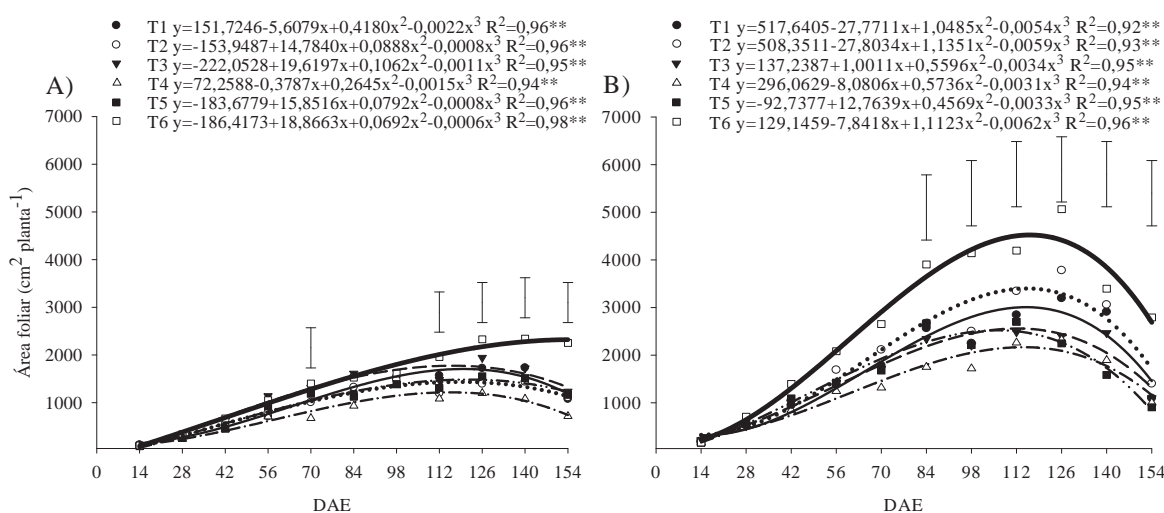


Figura 7. Área foliar (cm^2 planta⁻¹) da mamoneira IAC 2028, em função de populações de plantas em espaçamento reduzido, na safrinha 2010 (A) e 2011 (B). T1 = 0,45 m x 50.000 plantas ha⁻¹; T2 = 0,45 m x 65.000 plantas ha⁻¹; T3 = 0,45 m x 80.000 plantas ha⁻¹; T4 = 0,45 m x 95.000 plantas ha⁻¹; T5 = 0,45 m x 110.000 plantas ha⁻¹; T6 = 0,90 m x 25.000 plantas ha⁻¹. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. ** é significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Em 2011, especialmente as plantas cultivadas sob menor densidade populacional, apresentaram maior área foliar e a diferença entre os tratamentos foi mais pronunciada que em 2010 (Figura 7), provavelmente devido à melhor distribuição hídrica (Figura 1) e maior disponibilidade de fósforo no solo (Tabela 1), que favoreceram o crescimento das plantas sob menor competição por luz. Destaca-se também que a diferença entre os anos foi maior para a área foliar (Figura 7) do que para o número de folhas por planta (Figura 6), indicando que sob condições favoráveis de clima e solo a mamoneira produz folhas maiores, porém, praticamente não altera o número de folhas produzidas.

Na fase final do ciclo e de forma mais pronunciada em 2011, houve decréscimo no número de folhas e na área foliar das plantas (Figura 6 e 7). Segundo Benincasa

(2003), a redução da área foliar e do número de folhas à medida que as plantas se desenvolvem e crescem, são decorrentes da interferência das folhas superiores as inferiores, principalmente em plantas muito adensadas, o que provoca a diminuição das referidas variáveis a partir de determinada fase do ciclo fenológico da cultura, em geral na maturação e senescência.

A massa seca de folha teve comportamento semelhante à área foliar nos dois anos de cultivo (Figuras 7 e 8). O tratamento T6 (maior espaçamento e menor população) foi superior aos demais, proporcionando produção máxima de 27 g planta⁻¹ de folha em 2010 (Figura 8A) e 42 g planta⁻¹ (Figura 8B) em 2011, ou seja, uma diferença de 55% entre os anos agrícolas. Esse incremento da massa seca de folha se deve principalmente a maior área foliar produzida (Figura 7), já que o número de folhas praticamente não foi alterado entre os anos agrícolas (Figura 6).

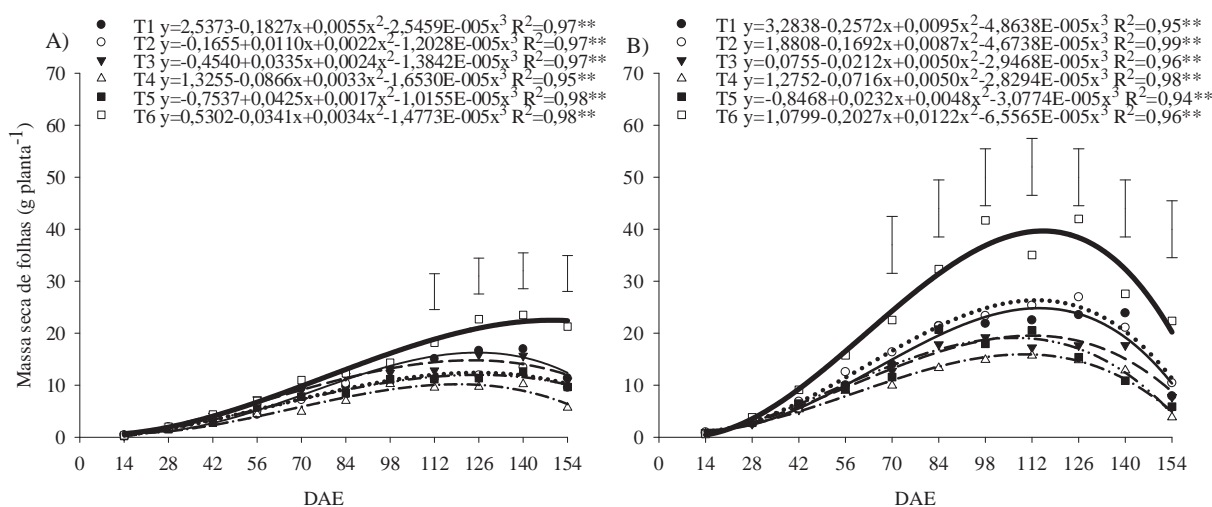


Figura 8. Massa seca de folhas (g planta⁻¹) da mamoneira IAC 2028, em função de populações de plantas em espaçamento reduzido, na safrinha 2010 (A) e 2011 (B). T1 = 0,45 m x 50.000 plantas ha⁻¹; T2 = 0,45 m x 65.000 plantas ha⁻¹; T3 = 0,45 m x 80.000 plantas ha⁻¹; T4 = 0,45 m x 95.000 plantas ha⁻¹; T5 = 0,45 m x 110.000 plantas ha⁻¹; T6 = 0,90 m x 25.000 plantas ha⁻¹. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. ** é significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Em 2010, as plantas de todos os tratamentos apresentaram massa seca de folhas semelhantes até 112 DAE (Figura 8A), já em 2011 a diferenciação entre os mesmos

se iniciou a partir de 70 DAE (Figura 8B). Os menores valores foram observados no tratamento T4 (0,45 m x 95.000 plantas⁻¹), nos dois anos agrícolas, porém, diferindo apenas do tratamento T6 (0,90 m x 25.000 plantas⁻¹).

A taxa de crescimento absoluto da área foliar (TCAaf) foi superior em 2011, em relação a 2010 (Figura 9). Nos dois anos agrícolas, a TCAaf foi crescente até aproximadamente 40-50 DAE para os tratamentos implantados em espaçamento reduzido (T1, T2, T3, T4 e T5) (Figura 9). Já o tratamento T6 (0,90 m entre linhas), em 2010 foi crescente até os 60 DAE (Figura 9A) e em 2011 teve comportamento semelhante aos demais tratamentos cultivados em espaçamento reduzido (Figura 9B), após esse período houve redução na taxa, ou seja, diminuiu a velocidade de crescimento (Figura 9).

Observa-se que o tratamento T6, teve maior velocidade média de crescimento diário em 2011 (Figura 9B), chegando a atingir o máximo de 73 cm² dia⁻¹ planta⁻¹.

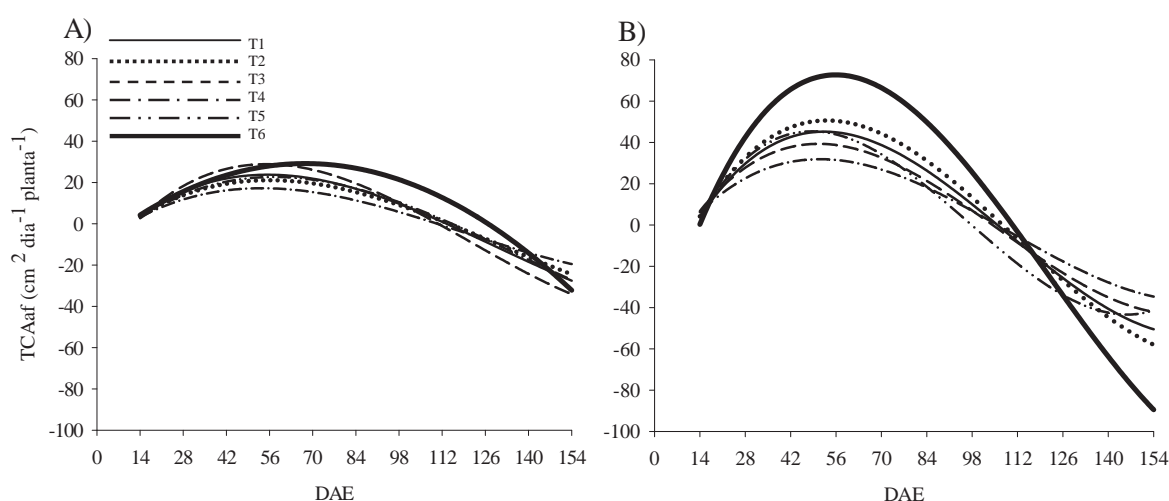


Figura 9. Taxa de crescimento absoluto da área foliar (TCAaf) (cm² dia⁻¹ planta⁻¹) da mamoneira IAC 2028, em função de populações de plantas em espaçamento reduzido, na safrinha 2010 (A) e 2011 (B). T1 = 0,45 m x 50.000 plantas ha⁻¹; T2 = 0,45 m x 65.000 plantas ha⁻¹; T3 = 0,45 m x 80.000 plantas ha⁻¹; T4 = 0,45 m x 95.000 plantas ha⁻¹; T5 = 0,45 m x 110.000 plantas ha⁻¹; T6 = 0,90 m x 25.000 plantas ha⁻¹.

A taxa de crescimento relativo da área foliar (TCRaf) decresceu linearmente durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura, nos dois anos de cultivo

(Figura 10). Em 2010, o tratamento T6 proporcionou TCRaf superior aos demais a partir dos 70 DAE (Figura 10A). No ano seguinte, o tratamento T6 foi superior até os 112 DAE, posteriormente, o mesmo se igualou aos demais, com exceção do tratamento T5, que teve menor taxa de crescimento relativo a partir dos 98 DAE (Figura 10B). O decréscimo da TCRaf durante o ciclo da cultura é esperado, isso porque a quantidade de área foliar produzida entre as coletas é proporcionalmente menor do que a pré-existente, pois TCR expressa o incremento de área foliar por unidade de área foliar existente, em função do tempo.

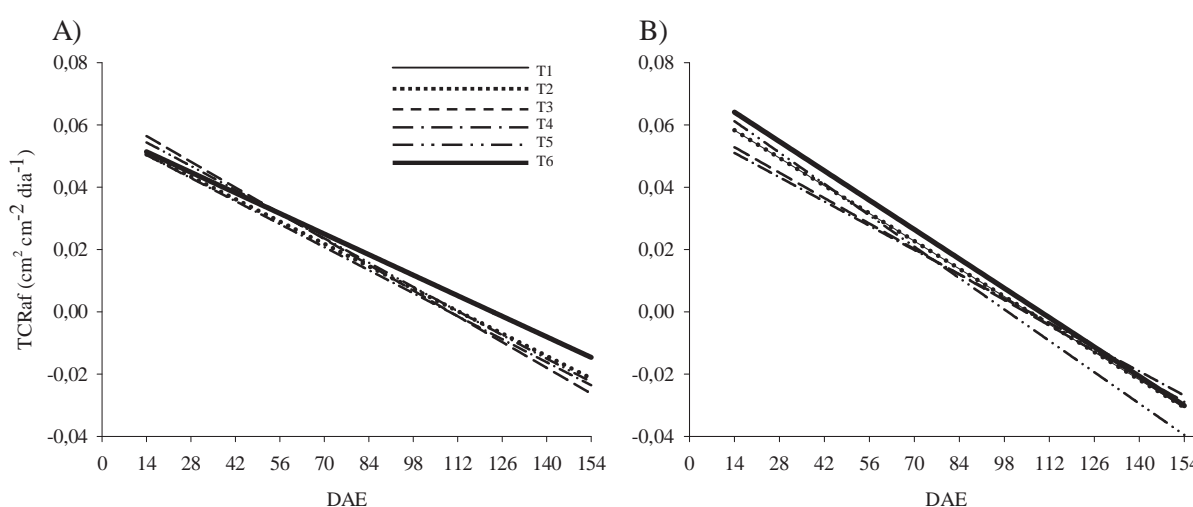


Figura 10. Taxa de Crescimento Relativo da Área Foliar (TCRaf) ($\text{cm}^2 \text{cm}^{-2} \text{dia}^{-1}$) da mamoneira IAC 2028, em função de populações de plantas em espaçamento reduzido, na safrinha 2010 (A) e 2011 (B). T1 = 0,45 m x 50.000 plantas ha^{-1} ; T2 = 0,45 m x 65.000 plantas ha^{-1} ; T3 = 0,45 m x 80.000 plantas ha^{-1} ; T4 = 0,45 m x 95.000 plantas ha^{-1} ; T5 = 0,45 m x 110.000 plantas ha^{-1} ; T6 = 0,90 m x 25.000 plantas ha^{-1} .

Conhecendo-se a superfície do limbo foliar e a variação da massa seca das folhas durante certo período de tempo, é possível calcular a área foliar específica (AFE), com a qual pode-se avaliar a eficiência das folhas no processo de fotossíntese, deduzindo-se sua contribuição para o crescimento da planta, pois fornece informações a respeito do desenvolvimento foliar e direcionamento de fotoassimilados (MAGALHÃES, 1986). No ano de 2010 a AFE foi inicialmente maior quando comparada ao segundo ano agrícola (Figura 11). Segundo Benincasa (2003) esse índice inicialmente mais elevado indica folhas pouco espessas, com pequena massa seca e área foliar. Verifica-se ainda que houve redução na AFE

durante o cultivo da mamona, e que ao final do ciclo o tratamento T5 apresentou maior AFE em 2010 (Figura 11A), e o tratamento T4 em 2011 (Figura 11B), sendo menor nos tratamentos T1 e T6 em ambos os anos (Figura 11), ou seja, nas menores densidades populacionais. A menor AFE pode ser justificada pelo aumento no número de folhas e da área foliar, o que conseqüentemente reflete em uma maior capacidade fotossintética, que pode contribuir para o aumento da produtividade.

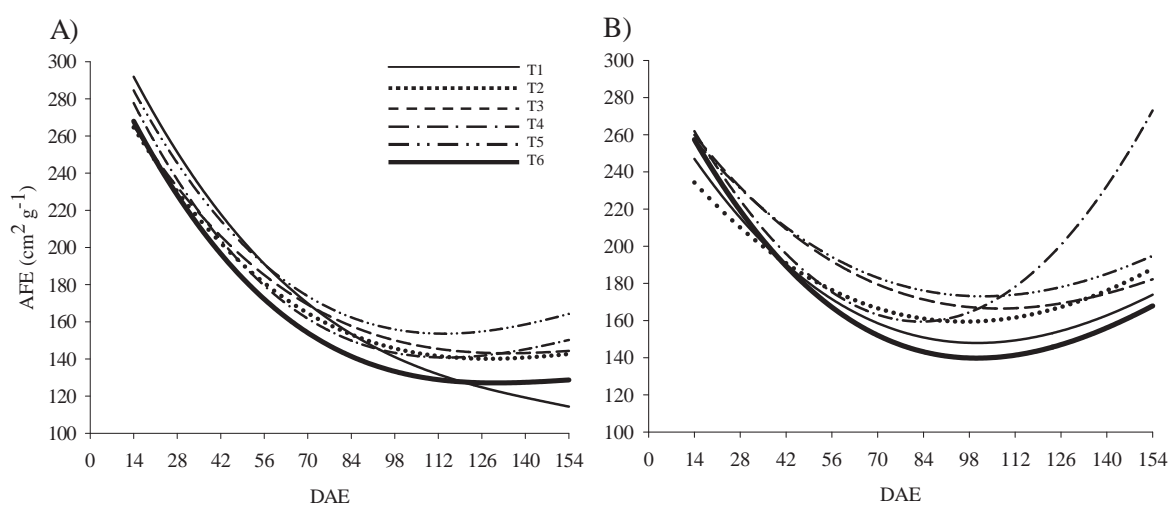


Figura 11. Área foliar específica (AFE) ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$) da mamoneira IAC 2028, em função de populações de plantas em espaçamento reduzido, na safrinha 2010 (A) e 2011 (B). T1 = 0,45 m x 50.000 plantas ha^{-1} ; T2 = 0,45 m x 65.000 plantas ha^{-1} ; T3 = 0,45 m x 80.000 plantas ha^{-1} ; T4 = 0,45 m x 95.000 plantas ha^{-1} ; T5 = 0,45 m x 110.000 plantas ha^{-1} ; T6 = 0,90 m x 25.000 plantas ha^{-1} .

O índice de área foliar (IAF) é a relação entre a folhagem e a superfície do solo que ela ocupa, variando de acordo com espécies vegetais, clima, estações do ano e estágio de desenvolvimento da planta (CÂMARA e HEIFFIG, 2000). Nos dois anos de cultivo o IAF foi influenciado pela densidade de plantas, sendo maior para T5 (0,45 m x 110.000 plantas ha^{-1}) e menor para T1 (0,45 m x 50.000 plantas ha^{-1}) e T6 (0,90 m x 25.000 plantas ha^{-1}) (Figura 12). Segundo Andriolo (1999), a densidade de plantas afeta tanto o valor máximo do IAF atingido pela cultura, quanto o período de tempo decorrido desde a emergência até a estabilização do crescimento e, conseqüentemente, a absorção da radiação solar incidente. No primeiro ano, o IAF aumentou ao longo do ciclo da cultura, atingindo o máximo por volta de

98 DAE (Figura 12), com exceção do tratamento T6, que chegou ao pico aos 140 DAE (Figura 12A). Em 2011 houve um acréscimo médio de 41% no IAF, em relação a 2010, e os valores máximos foram alcançados entre 98 e 112 DAE. Considerando que em ambos os anos, o florescimento do racemo primário ocorreu aos 84 DAE, destaca-se que na maioria dos tratamentos o IAF máximo foi alcançado na fase de enchimento dos grãos (Figura 12). Isso é de relevante importância fisiológica para a cultura, pois a partir do enchimento dos grãos, intensifica-se a demanda da planta por água, nutrientes e fotoassimilados. Esses fatores, essenciais à produtividade, são preferencialmente direcionados aos grãos em formação, não só para atendimento do acúmulo crescente de matéria seca, mas também, da biossíntese de óleo.

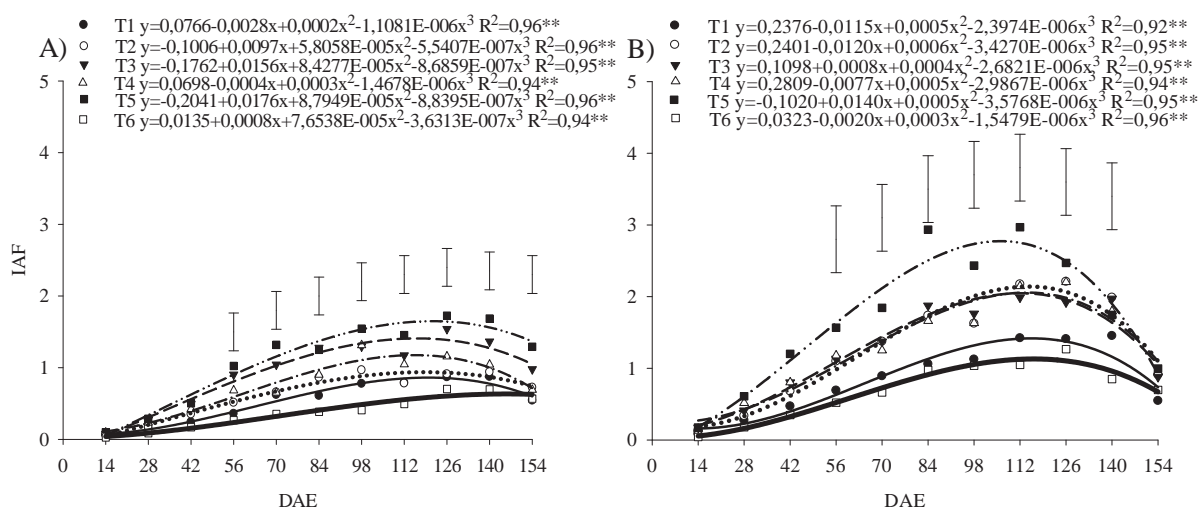


Figura 12. Índice de área foliar (IAF) da mamoneira IAC 2028, em função de populações de plantas em espaçamento reduzido, na safrinha 2010 (A) e 2011 (B). T1 = 0,45 m x 50.000 plantas ha⁻¹; T2 = 0,45 m x 65.000 plantas ha⁻¹; T3 = 0,45 m x 80.000 plantas ha⁻¹; T4 = 0,45 m x 95.000 plantas ha⁻¹; T5 = 0,45 m x 110.000 plantas ha⁻¹; T6 = 0,90 m x 25.000 plantas ha⁻¹. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. ** é significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Mesmo utilizando espaçamento reduzido e elevada população de plantas (0,45 m x 110.000 plantas ha⁻¹), o IAF máximo obtido para a mamoneira IAC 2028 na safrinha ficou abaixo de 3, valor próximo ao obtido para a cultura da soja (HEIFFIG et al., 2006). Segundo Beltrão et al. (2007), o IAF da cultura da mamona em condições de sequeiro varia entre 2 e 4. Para Heiffig (2002), o IAF depende da fase de desenvolvimento da cultura,

nos primeiros estádios a área foliar é pequena, com grandes perdas de radiação que atinge diretamente o solo. Com o desenvolvimento da cultura e, por conseguinte, da área foliar, a interceptação da radiação atinge um máximo, sem haver ainda problemas de sombreamento das folhas inferiores. A partir desse ponto, quando começa ocorrer o auto sombreamento, as folhas inferiores tornam-se deficitárias em termos da fotossíntese líquida, tendendo a estabilização no que diz respeito ao acréscimo de área foliar e de intensidade de acúmulo de matéria seca.

A massa seca de caule teve desenvolvimento inicial mais lento e inferior no primeiro ano de cultivo (2010), quando comparado ao segundo (2011) (Figura 13). Também é possível verificar ao final do ciclo da cultura em ambos os anos, o melhor desempenho proporcionado pelo tratamento T6 e a inferioridade de T4. O tratamento T4 promoveu acúmulo de 8,1 g e 22,4 g em 2010 e 2011, respectivamente (Figura 13). Já a massa seca de caule do tratamento T6 foi de 16,59 g, no primeiro ano (Figura 13A), e 37,5 g no segundo ano (Figura 13B), ou seja, acréscimo superior a 100%, de um ano para o outro.

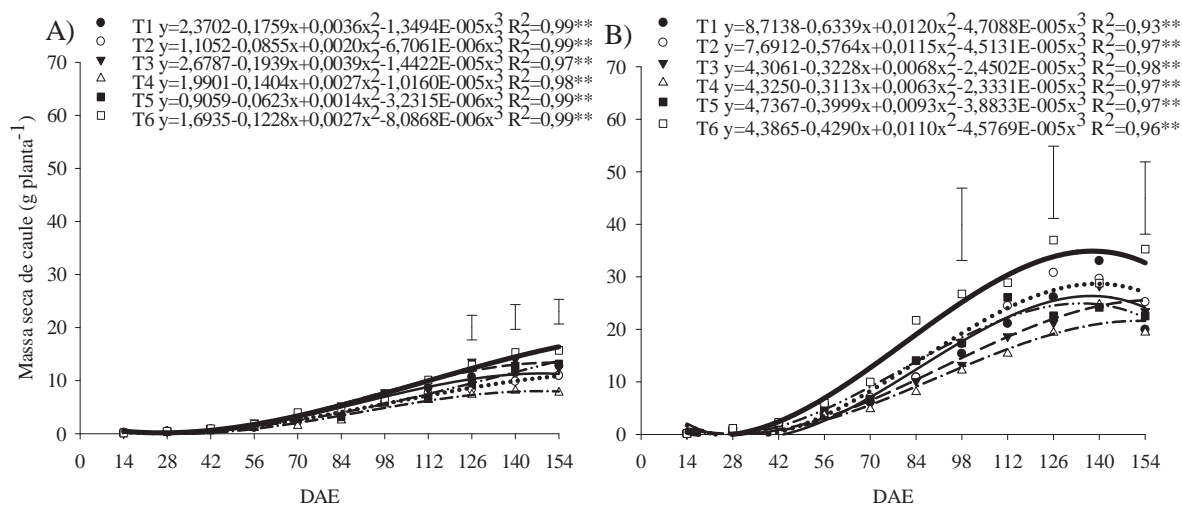


Figura 13. Massa seca de caule (g planta^{-1}) da mamoneira IAC 2028, em função de populações de plantas em espaçamento reduzido, na safrinha 2010 (A) e 2011 (B). T1 = 0,45 m x 50.000 plantas ha^{-1} ; T2 = 0,45 m x 65.000 plantas ha^{-1} ; T3 = 0,45 m x 80.000 plantas ha^{-1} ; T4 = 0,45 m x 95.000 plantas ha^{-1} ; T5 = 0,45 m x 110.000 plantas ha^{-1} ; T6 = 0,90 m x 25.000 plantas ha^{-1} . Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. ** é significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

A partir dos 84 DAE surgiram as primeiras estruturas reprodutivas nos dois anos de cultivo (Figura 14). Na safra 2010, houve uma diferença de 28% entre o tratamento T3 (25 g) que teve o maior acúmulo de massa seca de estrutura reprodutiva ao final do ciclo, e o tratamento T4 (18 g) que foi inferior aos demais (Figura 14A). Em 2011, foi possível observar de forma mais evidente a influência dos tratamentos sobre esta variável (Figura 14B). A menor massa de estrutura reprodutiva, em g planta⁻¹, foi obtida no tratamento T5, que tinha a maior densidade populacional, seguido de T4, T3, T2, T1 e T6, respectivamente (Figura 14B). Do tratamento T5 (27 g) para T6 (75g) houve um acréscimo superior a 178% no acúmulo de massa seca da estrutura reprodutiva. Essa variável é influenciada pelo tamanho e principalmente pelo número de racemos por planta, ou seja, quanto maior o número de plantas por área, menor a quantidade e o tamanho dos racemos (SORATTO et al., 2011; SOUZA-SCHLICK et al., 2011), conseqüentemente, menor a massa seca de estrutura reprodutiva.

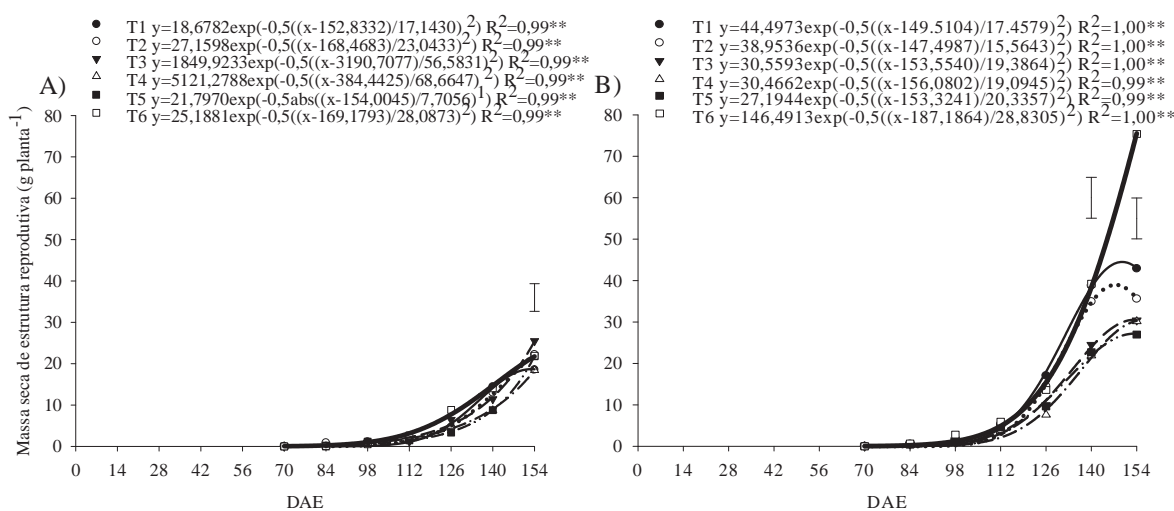


Figura 14. Massa seca de estrutura reprodutiva (g planta⁻¹) da mamoneira IAC 2028, em função de populações de plantas em espaçamento reduzido, na safra 2010 (A) e 2011 (B). T1 = 0,45 m x 50.000 plantas ha⁻¹; T2 = 0,45 m x 65.000 plantas ha⁻¹; T3 = 0,45 m x 80.000 plantas ha⁻¹; T4 = 0,45 m x 95.000 plantas ha⁻¹; T5 = 0,45 m x 110.000 plantas ha⁻¹; T6 = 0,90 m x 25.000 plantas ha⁻¹. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. ** é significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

A massa seca total da planta, em g planta^{-1} , apresentou comportamento semelhante em 2010 e 2011, com desenvolvimento inicial lento e posterior acréscimo (Figuras 15, 16 e 17). No primeiro ano, foi possível verificar diferença entre os tratamentos, na massa seca de planta, a partir de 126 DAE (Figura 15A), enquanto que no segundo ano isso pode ser observado aos 86 DAE (Figura 15B). A maior produção de massa seca em 2011 provavelmente ocorreu em função da melhor distribuição e disponibilidade hídrica, e também da maior disponibilidade de fósforo, como já foi dito anteriormente (Figura 1 e Tabela 1). Nos dois anos agrícolas o tratamento T6 foi superior aos demais, com valores de 60 g planta^{-1} em 2010 (Figura 15A) e $130 \text{ g planta}^{-1}$ em 2011 (Figura 15B). A produção de massa seca mais elevada na menor população ($25.000 \text{ plantas ha}^{-1}$) foi em função do maior crescimento das plantas, que, provavelmente, foi favorecido pela menor competição entre elas, resultando em maior crescimento individual. Com o aumento da população de plantas na área é reduzida a distância entre as plantas na fileira e, conseqüentemente, aumentada a competição por fatores ambientais (água, luz e nutrientes) necessários para o seu crescimento (ROCHA et al., 1964), resultando em produção de biomassa reduzida. Resultados semelhantes foram observados por Souza-Schlick et al. (2011).

A produção de massa seca por área (kg ha^{-1}) sofreu efeito dos tratamentos (Figura 16). O tratamento T6 ($0,90 \text{ m} \times 25.000 \text{ plantas ha}^{-1}$), que produziu maior massa seca por planta proporcionou a menor massa seca por hectare, e o tratamento T5 ($0,45 \text{ m} \times 110.000 \text{ plantas ha}^{-1}$) o inverso (Figuras 15 e 16), ou seja, a menor produção de massa seca por planta foi compensada pelo número de plantas por hectare.

A taxa de crescimento absoluto de massa seca (TCAs), que na verdade mostra a velocidade média de acúmulo de matéria seca pela planta, foi menor em 2010, em relação a 2011 (Figura 17). A TCAs foi máxima em 2010 aos 112 DAE para o tratamento T5 e aos 98 DAE para os demais, a partir desses pontos houve redução até o final do ciclo da cultura (Figura 17A). Em 2011, o tratamento T6 foi superior aos demais a partir dos 42 DAE, tendo máximo acúmulo aproximadamente aos 98 DAE ($1,5 \text{ g dia}^{-1}$) (Figura 17B), valor acima do obtido no ano anterior ($0,6 \text{ g dia}^{-1}$), ou seja, a velocidade de acúmulo foi maior.

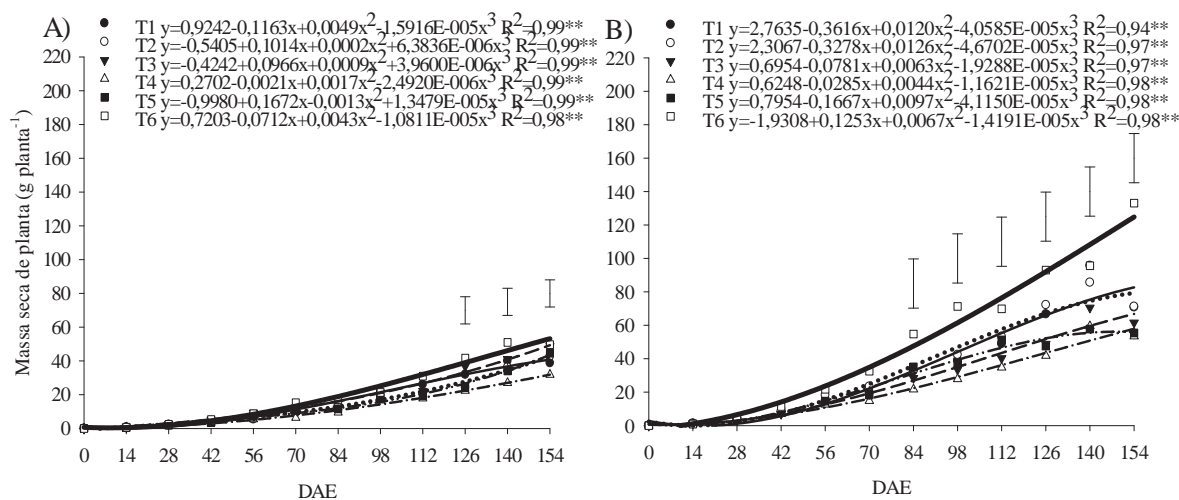


Figura 15. Massa seca total (g planta⁻¹) da mamoneira IAC 2028, em função de populações de plantas em espaçamento reduzido, na safrinha 2010 (A) e 2011 (B). T1 = 0,45 m x 50.000 plantas ha⁻¹; T2 = 0,45 m x 65.000 plantas ha⁻¹; T3 = 0,45 m x 80.000 plantas ha⁻¹; T4 = 0,45 m x 95.000 plantas ha⁻¹; T5 = 0,45 m x 110.000 plantas ha⁻¹; T6 = 0,90 m x 25.000 plantas ha⁻¹. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. ** é significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

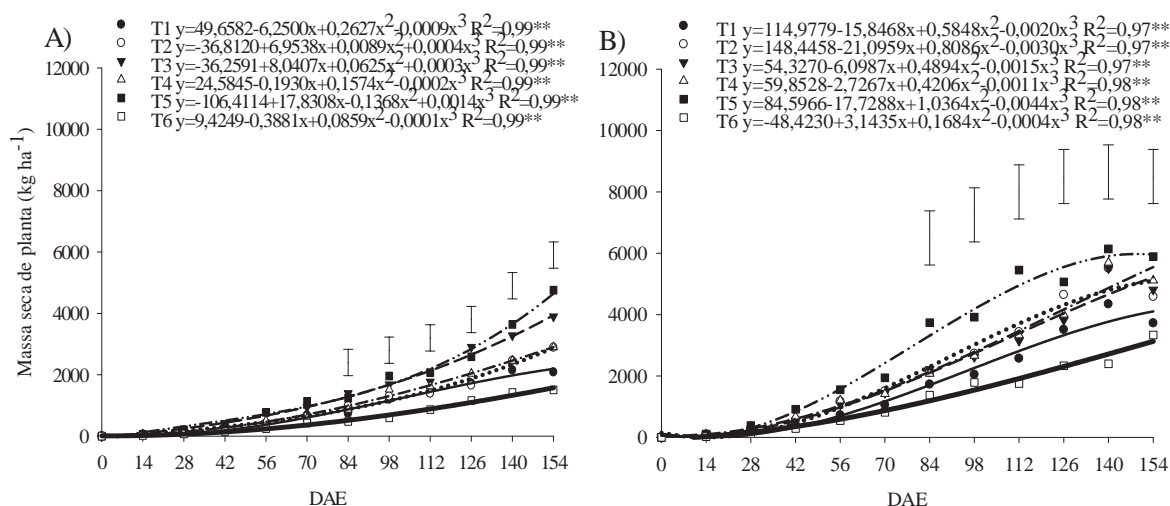


Figura 16. Massa seca total (kg ha⁻¹) da mamoneira IAC 2028, em função de populações de plantas em espaçamento reduzido, na safrinha 2010 (A) e 2011 (B). T1 = 0,45 m x 50.000 plantas ha⁻¹; T2 = 0,45 m x 65.000 plantas ha⁻¹; T3 = 0,45 m x 80.000 plantas ha⁻¹; T4 = 0,45 m x 95.000 plantas ha⁻¹; T5 = 0,45 m x 110.000 plantas ha⁻¹; T6 = 0,90 m x 25.000 plantas ha⁻¹. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. ** é significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

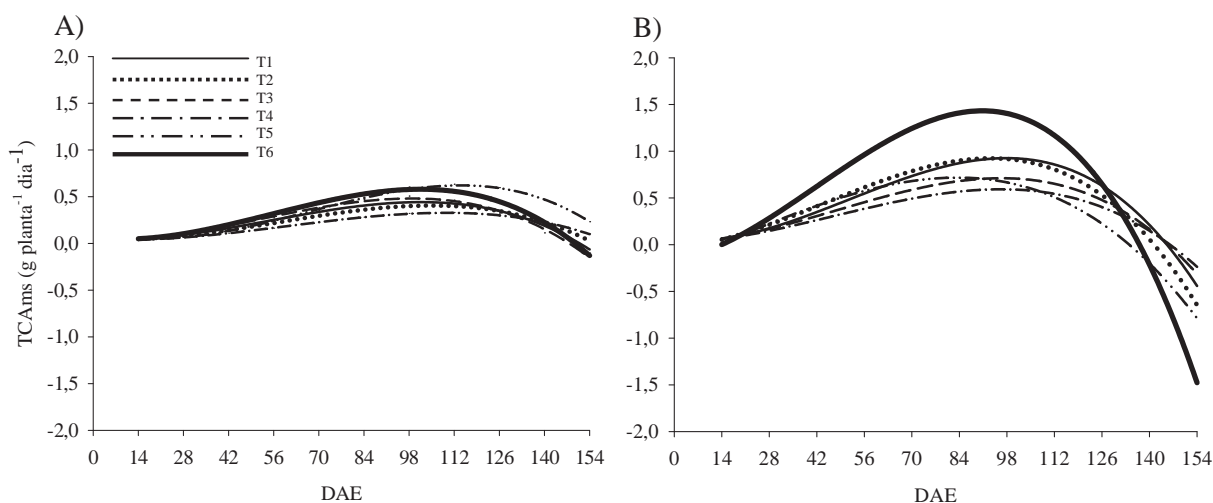


Figura 17. Taxa de crescimento absoluto de massa seca (TCAms) ($\text{g planta}^{-1} \text{dia}^{-1}$) da mamoneira IAC 2028, em função de populações de plantas em espaçamento reduzido, na safrinha 2010 (A) e 2011 (B). T1 = $0,45 \text{ m} \times 50.000 \text{ plantas ha}^{-1}$; T2 = $0,45 \text{ m} \times 65.000 \text{ plantas ha}^{-1}$; T3 = $0,45 \text{ m} \times 80.000 \text{ plantas ha}^{-1}$; T4 = $0,45 \text{ m} \times 95.000 \text{ plantas ha}^{-1}$; T5 = $0,45 \text{ m} \times 110.000 \text{ plantas ha}^{-1}$; T6 = $0,90 \text{ m} \times 25.000 \text{ plantas ha}^{-1}$.

A taxa de crescimento relativo da massa seca (TCRms) teve comportamento semelhante ao TCRaf e decresceu linearmente durante o ciclo de cultivo (Figura 18). Essa taxa tende a ser decrescente com o tempo, pois a quantidade de fotoassimilados disponível para o crescimento diminuiu, em consequência da crescente demanda de fotoassimilados para manutenção das estruturas existentes (BENINCASA, 1988). No primeiro ano os valores não ultrapassaram $0,06 \text{ g g}^{-1} \text{dia}^{-1}$ (Figura 18A), e no segundo ano $0,08 \text{ g g}^{-1} \text{dia}^{-1}$ (Figura 18B). Segundo Grime e Hunt (1975), valores de TCR inferiores a $0,150 \text{ g g}^{-1} \text{dia}^{-1}$ são considerados baixos, sendo as taxas mais elevadas, da ordem de $0,300 \text{ g g}^{-1} \text{dia}^{-1}$ encontradas em plantas herbáceas. Para Benincasa (1988), nem sempre é possível verificar diferenças evidentes entre os tratamentos para este parâmetro, o que pode ser confirmado neste experimento (Figura 18).

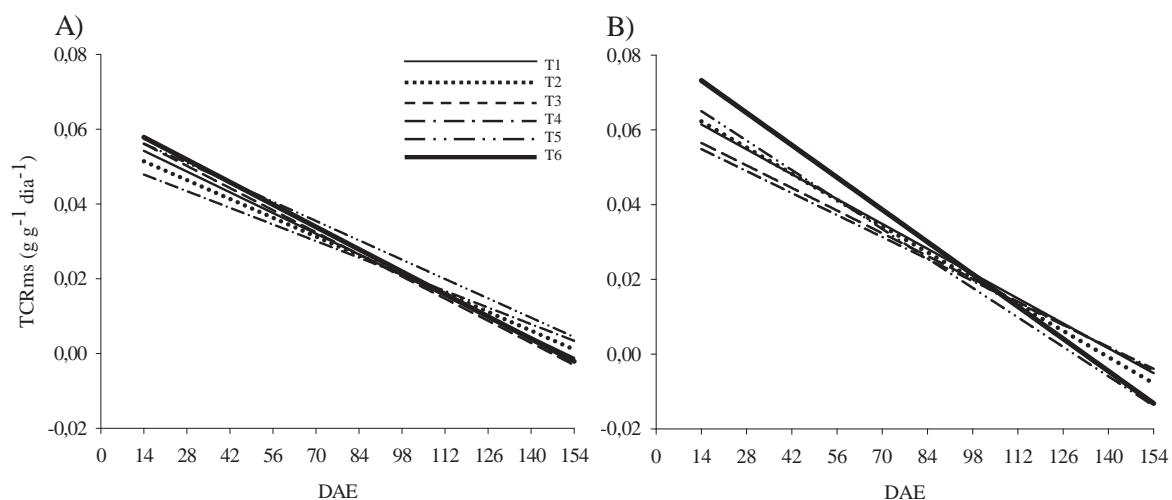


Figura 18. Taxa de crescimento relativo de massa seca (TCAsms) ($\text{g g}^{-1} \text{dia}^{-1}$) da mamoneira IAC 2028, em função de populações de plantas em espaçamento reduzido, na safrinha 2010 (A) e 2011 (B). T1 = 0,45 m x 50.000 plantas ha^{-1} ; T2 = 0,45 m x 65.000 plantas ha^{-1} ; T3 = 0,45 m x 80.000 plantas ha^{-1} ; T4 = 0,45 m x 95.000 plantas ha^{-1} ; T5 = 0,45 m x 110.000 plantas ha^{-1} ; T6 = 0,90 m x 25.000 plantas ha^{-1} .

A razão de área foliar (RAF) se refere à área foliar responsável pela produção de 1g de matéria seca vegetal. Trata-se da área foliar útil para a fotossíntese, sendo a razão entre a área responsável pela interceptação de energia luminosa e CO_2 e a fitomassa seca total, que é o resultado da fotossíntese (BENINCASA, 2003). Segundo Rodrigues (1990) é a medida da dimensão relativa do aparelho assimilador, servindo como parâmetro apropriado para as avaliações do efeito do manejo de comunidades vegetais. Tanto em 2010, como em 2011, a RAF decresceu durante o período de cultivo da mamona (Figura 19). Em 2010, verifica-se que o tratamento T6 apresentou maior valor ao final do ciclo, sendo que T5 foi inferior aos demais (Figura 19A), isso ocorre devido ao maior número de plantas nesse tratamento, cada planta produziu menor área foliar em relação a massa seca total da planta. Em 2011, a partir dos 100 DAE o comportamento entre os tratamentos foi semelhante, praticamente não havendo diferença entre eles (Figura 19B). Segundo Stefanini et al. (1998), o decréscimo na RAF, pode ser justificado em função do aumento da massa seca total e do auto-sombreamento (BENINCASA, 1988), que provoca redução da área foliar, devido a queda de folhas (Figura 6 e 7).

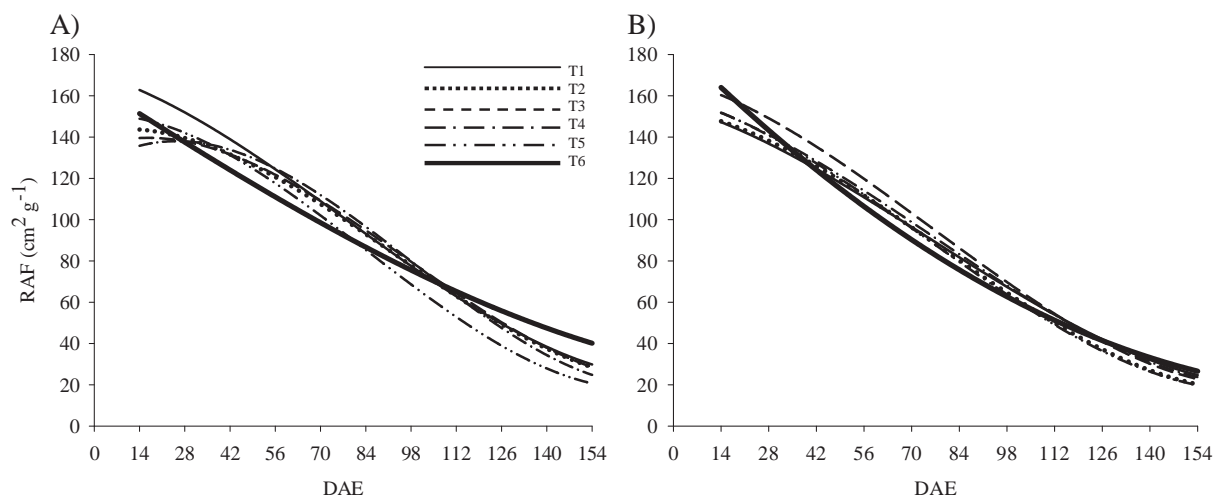


Figura 19. Razão de Área Foliar (RAF) ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$) da mamoneira IAC 2028, em função de populações de plantas em espaçamento reduzido, na safrinha em 2010 (A) e 2011 (B). T1 = $0,45 \text{ m} \times 50.000 \text{ plantas ha}^{-1}$; T2 = $0,45 \text{ m} \times 65.000 \text{ plantas ha}^{-1}$; T3 = $0,45 \text{ m} \times 80.000 \text{ plantas ha}^{-1}$; T4 = $0,45 \text{ m} \times 95.000 \text{ plantas ha}^{-1}$; T5 = $0,45 \text{ m} \times 110.000 \text{ plantas ha}^{-1}$; T6 = $0,90 \text{ m} \times 25.000 \text{ plantas ha}^{-1}$.

A taxa assimilatória líquida (TAL) decresceu durante o desenvolvimento da mamoneira em ambos os anos (Figura 20), especialmente na fase final do ciclo. Essa redução da TAL é normal, pois, segundo Milthorpe e Moorby (1974), assimilação líquida comumente diminui com a idade das plantas devido ao sombreamento das folhas inferiores, envelhecimento dos tecidos foliares (PARSONS et al., 1983) e pela respiração (PEARCE et al., 1965), reduzindo a eficiência fotossintética. A TAL de uma planta é o incremento de material vegetal por unidade de área foliar e de tempo, é dependente da radiação solar, das condições internas da planta, do próprio índice de área foliar e do balanço hídrico (CONCEIÇÃO et al., 2005). É uma medida importante, pois reflete a dimensão do sistema assimilador que está envolvido na produção de matéria seca, ou seja, é uma estimativa da fotossíntese líquida, representando o balanço entre o material produzido pela fotossíntese e aquele perdido pela respiração (PEREIRA e MACHADO, 1987; PEIXOTO, 1998). Em 2011, os valores iniciais foram um pouco maiores em relação a 2010, porém, a queda também foi maior (Figura 20B).

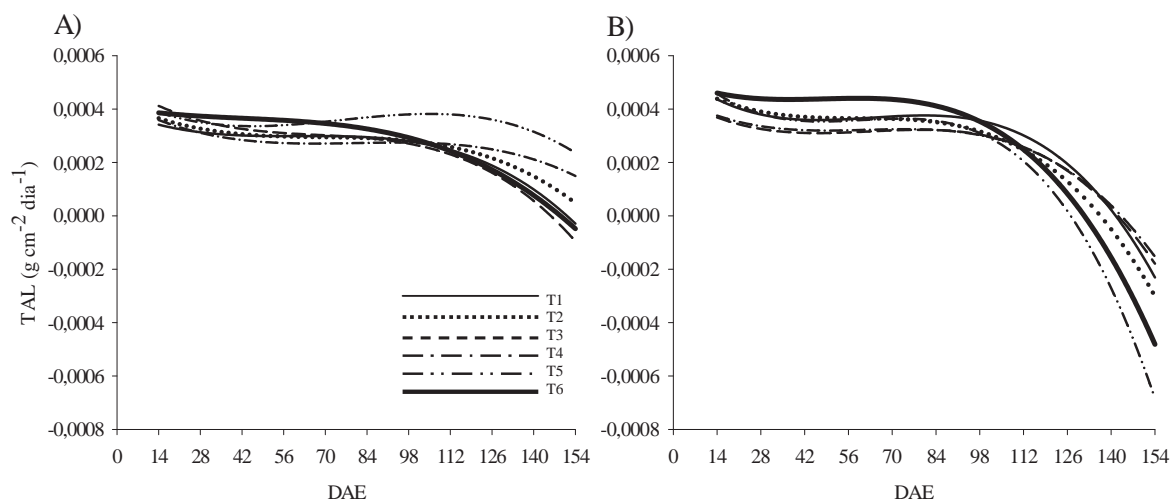


Figura 20. Taxa Assimilatória Líquida (TAL) da mamoneira IAC 2028, em função de populações de plantas em espaçamento reduzido, na safrinha em 2010 (A) e 2011 (B). T1 = 0,45 m x 50.000 plantas ha⁻¹; T2 = 0,45 m x 65.000 plantas ha⁻¹; T3 = 0,45 m x 80.000 plantas ha⁻¹; T4 = 0,45 m x 95.000 plantas ha⁻¹; T5 = 0,45 m x 110.000 plantas ha⁻¹; T6 = 0,90 m x 25.000 plantas ha⁻¹.

Com relação às características agrônômicas avaliadas no final do ciclo da cultura, verifica-se que a taxa de sobrevivência das plantas foi significativamente reduzida pelo aumento da população de plantas, em ambos os anos (Tabela 3). Considerando apenas os tratamentos com espaçamento entre linhas de 0,45 m (T1, T2, T3, T4 e T5), nos dois anos os dados foram ajustados a equações lineares decrescentes, ou seja, quanto maior a densidade de plantas na fileira menor a taxa de sobrevivência de plantas. Contudo, comparando-se o tratamento tradicional T6 (0,90 m x 25.000 plantas ha⁻¹) com os demais, foi verificado que este tratamento foi superior apenas ao tratamento T4 (0,45 m x 95.000 plantas ha⁻¹) em 2010.

A redução da sobrevivência de plantas pelo aumento da população pode ter sido causada pela maior competição intra-específica (Tabela 3). Em experimento realizado com a mamoneira anã variedade IAC-38, com o objetivo de estudar a influência da densidade de semeadura sobre a produtividade, Rocha et al. (1964) verificaram que o aumento da população de plantas, ou mais especificamente o adensamento das plantas na fileira, reduziu em 15% a população final de plantas. Resultados semelhantes também foram observados por (SORATTO et al., 2011; 2012). Tourino et al. (2002), estudando o efeito do espaçamento entre linhas, densidade e uniformidade de semeadura sobre a produtividade da

cultura da soja, observaram que a porcentagem de sobrevivência aumentou a medida que se reduziu a densidade populacional.

A altura de inserção do racemo primário foi influenciada pelos tratamentos utilizados somente no ano de 2011 (Tabela 3). Isso ocorreu porque no ano anterior as plantas se desenvolveram pouco (Figuras 2, 12 e 15), e, provavelmente, não chegaram a competir entre si. No segundo ano de cultivo, o aumento da população de plantas nos tratamentos com espaçamento entre fileiras de 0,45 m incrementou linearmente a altura de inserção do primeiro racemo, sendo que o tratamento T5 (0,45 m x 110.000 plantas ha⁻¹), a altura de inserção do racemo primário ficou aproximadamente 24,5 cm acima de T1 (0,45 m x 50.000 plantas ha⁻¹) e também do tratamento T6 (0,90 m x 25.000 plantas ha⁻¹), do qual diferiu significativamente. Soratto et al. (2011) em trabalho realizado com a cultivar FCA-PB, estudando o efeito de quatro espaçamentos entre fileiras (0,45, 0,60, 0,75 e 0,90 m) e quatro populações de plantas (25.000, 40.000, 55.000 e 70.000 plantas ha⁻¹), sobre a produtividade e outras características agrônômicas, verificaram que nos espaçamentos intermediários (0,60 e 0,75 m), houve incremento linear na altura de inserção do primeiro racemo com o aumento da população de plantas. Os autores também observaram que na maior população de plantas, os espaçamentos de 0,60 e 0,75 m proporcionaram altura de inserção do primeiro racemo superior ao espaçamento de 0,90 m, e não diferiram do espaçamento de 0,45 m entre fileiras. Kittock e Williams (1970) e Bizinoto et al. (2010) também observaram maior altura de inserção do primeiro racemos da mamoneira em condições de maior densidade de plantas.

O número de nós até inserção do racemo primário não foi influenciado pelos tratamentos (Tabela 3). Esse resultado indica que o adensamento das plantas promove aumento do comprimento médio dos internódios, mas não altera o número destes na planta. Para Severino et al. (2006b), a altura de inserção do primeiro racemo é mais influenciada pelo adensamento de plantas do que a altura das plantas de mamona, em consequência do estiolamento do caule. Nas plantas sob maior competição, especialmente por luz, há maior alongação do caule (KASPERBAUER e KARLEN, 1994; SEVERINO et al., 2006b; SILVA et al., 2006).

O comprimento médio dos racemos não foi influenciado pela densidade populacional (Tabela 3). Contudo, Alves (2009) obteve incremento de 66,45% no

comprimento médio de racemos na menor população de plantas (10.000 plantas por ha⁻¹) quando comparado a população máxima (100.000 plantas ha⁻¹).

Tabela 3. Porcentagem de sobrevivência de plantas, altura de inserção do 1^o racemo, número de nós até a inserção do 1^o racemo, comprimento médio dos racemos e número de racemos por planta da mamoneira IAC 2028 na safrinha, em função de populações de plantas em espaçamento reduzido. Botucatu-SP.

Tratamento	Sobrevivência de plantas		Altura de inserção do 1 ^o racemo		N ^o de nós até inserção do 1 ^o racemo		Comprimento médio dos racemos		N ^o de racemos por planta	
	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011
	— (%) —		— (cm) —				— (cm) —			
T1-0,45x50.000	97,0	105,3	28,3	40,3	17,1	13,8	23,1	31,4	1,2†	1,6†
T2-0,45x65.000	95,2	99,3	29,3	53,8	16,1	14,6	21,7	34,7	1,1†	1,3†
T3-0,45x80.000	93,1	98,0	33,0	52,0	17,1	14,5	21,7	32,8	1,1†	1,4†
T4-0,45x95.000	90,4†	99,7	30,1	51,3	17,0	13,9	18,9	29,9	1,0†	1,3†
T5-0,45x110.000	92,4	96,5	32,2	65,2†	17,0	14,6	20,0	35,0	1,0†	1,1†
T6-0,90x25.000	99,7	100,5	28,3	40,4	17,0	13,8	20,9	34,4	1,6	2,4
Regressão	L ⁽¹⁾	L ⁽²⁾	ns	L ⁽³⁾	ns	ns	ns	ns	ns	L ⁽⁴⁾
DMS _{Dunnett 5%}	9,1	6,9	9,1	18,6	1,8	1,7	9,4	8,7	0,3	0,5
CV(%)	4,7	3,4	14,8	18,1	5,3	5,7	21,8	12,9	12,2	16,7

†Difere estatisticamente da testemunha (T6) pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade. ⁽¹⁾ $y=89,86+0,000274x$ $R^2=0,97^{**}$; ⁽²⁾ $y=107,97-0,000101x$ $R^2=0,51^*$; ⁽³⁾ $y=27,16+0,000317x$ $R^2=0,72^{**}$; ⁽⁴⁾ $y=1,97-0,000008x$ $R^2=0,81^*$. ns, * e ** são não-significativos e significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

O número de racemos por planta foi reduzido com o aumento da população de plantas em ambos os anos (Tabela 3). O tratamento T6 (0,90 m x 25.000 plantas ha⁻¹) proporcionou valores significativamente superiores aos demais tratamentos. No ano de 2011, o tratamento com menor população de plantas (T6) proporcionou número de racemos por planta bastante superior ao ano anterior, provavelmente devido às condições hídricas mais favoráveis. Souza-Schlick et al. (2011) trabalhando com a cultivar IAC 2028 na safrinha, também verificaram que o aumento da população de plantas reduziu significativamente o número de racemos por planta. Gondim et al. (2006) também obtiveram menor quantidade de racemos produzidos por planta do genótipo CSRN-142, no menor espaçamento entre fileiras e

na maior densidade de plantas na fileira, ou seja, maior população de plantas. A planta de mamona, sob maior competição, especialmente por luz, produz menor número de estruturas reprodutivas (KITTOCK e WILLIAMS, 1970; SOUZA-SCHLICK et al., 2011; SORATTO et al., 2011; 2012).

O aumento da população de plantas nos tratamentos com espaçamento entre linhas de 0,45 m reduziu linearmente o número de frutos por racemo em ambos os anos (Tabela 4). Em 2010 o maior valor foi observado no tratamento T1 (0,45 m x 50.000 plantas ha⁻¹) e o menor nos tratamentos com as maiores populações de plantas (T4 e T5). Em 2011, o maior valor foi proporcionado pelo tratamento T6 (0,90 m x 25.000 plantas ha⁻¹), que diferiu estatisticamente dos tratamentos com as maiores populações de plantas (T2, T3, T4 e T5). Em 2011 o número de frutos por racemo foi maior em relação a 2010 (Tabela 4). Diniz et al. (2009) em trabalho realizado com o objetivo de estudar o efeito de diferentes densidades populacionais sobre os componentes de produção da mamoneira, cultivar BRS 188 Paraguaçu, verificou que a população mais alta ocasionou redução no número de frutos por racemo, entretanto, têm-se um aumento do número de frutos por área, o que leva ao equilíbrio da produção. Resultados semelhantes foram observados por Souza-Schlick et al. (2011), Soratto et al. (2011; 2012). Segundo Taiz e Zeiger (2004), em condições de alta competição, especialmente por luz, proporcionada pela maior população de plantas na área, as plantas apesar de mais altas produzem menor quantidade de matéria seca, conseqüentemente, possuem menor aparato fotossintético, refletindo em menor produção de estruturas reprodutivas.

O número médio de grãos por fruto não foi influenciado pelos tratamentos (Tabela 4). Segundo Freire et al. (2007), este componente da produção é pouco influenciado pelo ambiente, ou por fatores exógenos, pois é uma característica de alta herdabilidade.

Em 2010, a massa de 100 grãos foi maior no tratamento T6 (37,4 g), que diferiu significativamente dos demais, porém, em 2011 não houve efeito dos tratamentos sobre essa variável (Tabela 4). Porém, estes valores estão abaixo dos obtidos por Souza-Schlick et al. (2011), que trabalhando com a mesma cultivar no período da safrinha, obteve peso mínimo de 100 grãos de 47 gramas em 2008 e 52,8 gramas em 2009.

O índice de colheita (IC) reflete na íntegra a capacidade genética que uma cultivar tem, em converter parte do que foi assimilado (matéria seca) em produtos

economicamente comercializados (PEIXOTO, 1998). Os valores variaram de 37 a 42% em 2010, e de 37 a 43% em 2011 (Tabela 4), estando de acordo com valores encontrados por Lima et al. (2010) que trabalhou com as cultivares 149 Nordeste, BRS 188 Paraguaçu, EBDA MPA 17 e Sipeal 28, obtendo IC entre 25 e 54%. Contudo, os tratamentos com diferentes populações de plantas não interferiram nessa variável.

Tabela 4. Número de frutos por racemo, número de grãos por fruto, massa de 100 grãos, índice de colheita e produtividade da mamoneira IAC 2028 na safrinha, em função de populações de plantas em espaçamento reduzido. Botucatu-SP.

Tratamento	Nº de frutos por racemo		Nº de grãos por fruto		Massa de 100 grãos		Índice de colheita		Produtividade de grãos	
	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011
					— (g) —		— (%) —		— (kg ha ⁻¹) —	
T1-0,45x50.000	21,4	24,8	2,98	2,79	32,2†	36,1	42	43	1.117	2.091
T2-0,45x65.000	17,6	23,5†	2,95	2,82	33,5†	35,9	41	39	1.188	1.988
T3-0,45x80.000	16,4	18,9†	2,98	2,80	32,2†	38,1	40	40	1.252	2.243
T4-0,45x95.000	14,1	18,3†	3,00	2,79	29,9†	34,2	42	42	1.126	2.101
T5-0,45x110.000	14,3	20,3†	2,93	2,84	31,8†	34,4	41	39	1.358†	2.279
T6-0,90x25.000	16,8	30,2	2,93	2,78	37,4	37,1	37	37	714	1.897
Regressão	L ⁽¹⁾	L ⁽²⁾	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
DMS _{Dunnett 5%}	6,0	6,1	0,1	0,2	3,9	5,3	6,5	8,5	564,8	793,4
CV(%)	17,5	13,1	2,1	3,5	5,8	7,2	7,8	10,4	24,6	18,5

†Difere estatisticamente da testemunha (T6) pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade. ⁽¹⁾ $y=11,30+0,000329x$ $R^2=0,84^{**}$; ⁽²⁾ $y=48,59-0,000629x$ $R^2=0,86^*$. ns, * e ** são não-significativos e significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Verifica-se que, em ambos os anos, a produtividade de grãos não foi afetada pela variação da população de plantas nos tratamentos com espaçamento entre fileiras de 0,45 m, ou seja, em espaçamento reduzido, populações de plantas de 50.000 a 110.000 plantas ha⁻¹ promoveram produtividades de grãos semelhantes (Tabela 4). Em 2010, apesar do tratamento T6 (0,90 m x 25.000 plantas ha⁻¹) ter apresentado maior número de racemos por planta (Tabela 3) e massa de 100 grãos, proporcionou produtividade de grãos significativamente inferior ao tratamento T5, no qual a produtividade foi compensada pelo

maior número de plantas por área (Tabela 4). Segundo Rocha et al. (1964), o aumento da população de plantas em um mesmo espaçamento entre fileiras promove a redução na produção de grãos por planta, com o aumento da produtividade por área. Souza-Schlick et al. (2011) não obtiveram efeito da população de plantas sobre a produtividade em espaçamentos mais estreitos (0,45 e 0,60 m). Já Soratto et al. (2011) verificaram efeitos isolados da redução do espaçamento e aumento da população sobre o aumento da produtividade. Vale (2009), observou um incremento linear na produtividade de grãos com o aumento da população de plantas e redução no espaçamento entre fileiras da cultura da mamona; porém, este autor trabalhou com populações menores que as do presente estudo e não observou alterações nos componentes da produção.

Em 2011, a produtividade média de grãos foi maior quando comparada ao ano anterior (Tabela 4), devido às condições que favoreceram o desenvolvimento da cultura. Para Beltrão et al. (2007), a grande variação na produtividade da mamona entre localidades ou mesmo entre anos é decorrente, principalmente, das condições climáticas e da fertilidade do solo. Além disso, no segundo ano, o tratamento T6 apesar da menor população de plantas, teve maior número de racemos por planta e número de frutos por racemo, proporcionando produtividade de grãos semelhante aos demais tratamentos (Tabela 4). Isso ocorre devido a plasticidade que a mamoneira apresenta, que permite que a planta se adapte às condições do ambiente de cultivo, através de alterações nas características morfológicas individuais (COSTA et al., 1983), mantendo o nível de produção estável através da compensação da variação de um componente pela variação de outro (ADAMS, 1967), desde que as condições ambientais sejam favoráveis para o seu desenvolvimento (Beltrão et al., 2007). Deve-se ressaltar que as produtividades obtidas, especialmente no segundo ano, foram semelhantes às obtidas por Souza-Schlick et al. (2011) e superiores às relatadas por Savy Filho et al. (2007), com a mesma cultivar, em condições de safrinha.

7 CONCLUSÕES

O aumento da população de plantas reduz o crescimento da mamoneira IAC 2028 na safrinha.

Em maiores populações de planta tem-se maior índice de área foliar e acúmulo de matéria seca por área.

As taxas de crescimento absoluto de área foliar e massa seca são mais elevadas sob menores populações de plantas e espaçamento entre fileiras mais amplo, quando as condições ambientais são mais favoráveis ao crescimento.

A taxa de crescimento absoluto de área foliar da mamoneira IAC 2028 no período de safrinha atinge o máximo entre 40 e 60 DAE, enquanto a taxa de crescimento absoluto em massa seca é máxima entre 84 e 112 DAE.

A população de plantas não tem influência na altura de planta, razão de área foliar, taxa de crescimento relativo e taxa assimilatória líquida.

Maiores populações de plantas reduzem a sobrevivência, o número de racemos por planta, o número de frutos por racemo e a massa de 100 grãos, porém proporciona maior altura de inserção do primeiro racemo.

Em espaçamento entre fileiras reduzido (0,45 m), a variação na população de plantas de 50.000 a 110.000 plantas ha⁻¹ não interfere na produtividade de grãos da mamoneira IAC 2028 na safrinha.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, M. W. Basis of yield component compensation in crop plants with special reference to the bean, *Phaseolus vulgaris*. **Crop Science**, Madison, v. 7, n. 5, p. 505-510, 1967.

ALMEIDA, M. L. de; MEROTTO JUNIOR, A.; SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIDOLIN, A. F. Incremento na densidade de plantas: uma alternativa para aumentar o rendimento de grãos de milho em regiões de curta estação estival de crescimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 23-29, 2000.

ALVAREZ, R de C. F.; RODRIGUES, J. D.; MARUBAYASHI, O. M.; ALVAREZ, A. C. C.; CRUSCIOL, C. A. C. Análise de crescimento de duas cultivares de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 4, p. 611-616, 2005.

ALVES, G. da S. **Densidade populacional e seu efeito no crescimento e produtividade da mamoneira BRS Energia sob cultivo irrigado**. 2009. 118 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2009.

ANDRIOLO, J. L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: UFSM, 1999. 142 p.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 1075-1084, 2001.

ASTMON, D. Castor. In: ROBBELEN, G.; DOWNEY, R. K.; ASHRI, A. (Ed.). **Oil crops of the world: their breeding and utilization**. New York: McGraw-Hill, 1989. p. 438-447.

AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO, N. E. de M.; SEVERINO, L. S. Manejo cultural. In: AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO, N. E. de M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. 2. ed. rev. e ampl. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p. 223-253.

- BELTRÃO, N. E. de M. **Informações sobre o Biodiesel, em especial feito com óleo de mamona**. Campina Grande: EMBRAPA, CNPA, 2003. 3 p. (Comunicado técnico).
- BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, D. M. P. de. Fitologia. In: AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO, N. E. de M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. 2. ed. rev. e ampl. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p. 117-137.
- BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, R. de L. S. de; QUEIROZ, W. N. de; QUEIROZ, W. C. de. Ecofisiologia. In: AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO, N. E. de M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. 2. ed. rev. e ampl. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p. 45-72.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41 p.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 42 p.
- BIZINOTO, T. K. M. C.; OLIVEIRA, E. G. de; MARTINS, S. B.; SOUZA, S. A. de; GOTARDO, M. Cultivo da mamoneira influenciada por diferentes populações de plantas. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 2, p. 367-370, 2010.
- CÂMARA, G. M. S.; HEIFFIG, L. S. Fisiologia, ambiente e rendimento da cultura da soja. In: CÂMARA, G. M. S. **Soja: tecnologia da produção**. Piracicaba: ESALQ, LPV, 2000. p. 81-120.
- CÂNDIDO, M.J.D. **Morfofisiologia e crescimento do dossel e desempenho animal em *Panicum maximum* cv. Mombaça sob lotação intermitente com três períodos de descanso**. 2003. 134 p. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.
- CARVALHO, W. A.; ESPINDOLA, C. R.; PACCOLA, A. A. Levantamento de solos da Fazenda Lageado: Estação Experimental "Presidente Médici". **Boletim Científico da Faculdade de Ciências Agrônômicas UNESP**, Botucatu, n. 1, 1983. 95 p.
- CASAL, J. J.; DEREGIBUS, V. A.; SÁNCHEZ, R. A. Variations in tiller dynamics and morphology in *Lolium multiflorum* Lam. Vegetative and reproductive plants as effected by differences in red/far-red irradiation. **Annals of Botany**, London, v. 56, p. 533-559, 1985.
- CHIERICE, G. O.; CLARO NETO, S. Aplicação industrial do óleo. In: AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO, N. E. de M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. 2. ed. rev. e ampl. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p. 417-448.

CONCEIÇÃO, M. K. da; LOPES, N. F.; FORTES, G. R. de L. Análise de crescimento de plantas de batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) cultivares abóbora e da costa. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 3, p. 273-278, 2005.

CONSELHO NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Comparativo safras**: série histórica. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 10 dez. 2011.

COSTA, J. G. C.; KOHASHI-SHIBATA, J.; COLIN, S. M. Plasticidade no feijoeiro comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 18, n. 2, p. 159-167, 1983.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, J. H. M.; OLIVEIRA, M. F. DE; SANTANA, D. P. **Manejo da cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 12 p. (Circular técnica, 87).

DINIZ, B. L. M. T.; TÁVORA, F. J. A. F.; NETO, M. A. D.; BEZERRA, F. M. L. Desbaste seletivo e população de plantas na cultura da mamoneira. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 40, n. 2, p. 247-255, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. Rio de Janeiro, 2006. 412 p.

FERREIRA, G. B.; MENDOZA, R. V.; SILVA, S. P. da; CRONEMBOLD, P.; MOURÃO JÚNIOR, M. Variação do crescimento vegetativo e produtivo de alguns genótipos de mamona em diferentes populações de cultivo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA MAMONA, 2., 2006, Aracaju. **Anais...** Campina Grande: EMBRAPA, CNPA, 2006. 1 CD-ROM.

FREIRE, E. C.; LIMA, E. F.; ANDRADE, F. P. de.; MILANI, M.; NÓBREGA, M. B. de M. Melhoramento genético. In: AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO, N. E. de M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. 2. ed. rev. e ampl. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p. 169-194.

FRONZA, V.; VIEIRA, C.; CARDOSO, A. A.; CRUZ, C. D. Resposta de cultivares eretos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) a espaçamentos entre linhas e níveis de adubação. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 41, n. 235, p. 317-326, 1994.

GONDIM, T. M. de S.; VASCONCELOS, R. A. de; SEVERINO, L. S.; MILANI, M.; NÓBREGA, B. de M. Adensamento de mamoneira em condições de sequeiro em Missão Velha, CE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2., 2006, Aracaju. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 1 CD-ROM.

GRIME, J. P.; HUNT, R. Relative growth-rate: its range and adaptive significance in a local flora. **Journal of Ecology**, London, v. 63, p. 393-422, 1975.

HEIFFIG, L. S.; CÂMARA, G. M. de S.; MARQUES, L. A.; PEDROSO, D. B.; PIEDADE, S. M. DE S. Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 2, p. 285-295, 2006.

- HEIFFIG, L.S. **Plasticidade da cultura da soja (*Glycine max* (L) Merrill) em diferentes arranjos espaciais**. 2002. 151 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- KASPERBAUER, M. J.; KARLEN, D. L. Plant spacing and reflected farred light effects on phytochrome regulated photosynthate allocation in corn seedlings. **Crop Science**, Madison, v. 34, n. 6, p. 1564-1569, 1994.
- KITTOCK, D. L.; WILLIAMS, J. H. Effects of plant population on castorbean yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 62, n. 4, p. 527-529, 1970.
- LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M. I. **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água**. Campinas: CATI, 1994. v. 2, 168 p.
- LOOMIS, R. S.; AMTHOR, J. S. Yield potential, plant assimilatory capacity, and metabolic efficiencies. **Crop Science**, Madison, v. 39, n. 6, p. 1584-1596, 1999.
- MAGALHÃES, A. C. N. Análise quantitativa de crescimento. In: FERRI, M.G. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EDUSP, 1986. p. 331-350.
- MILTHORPE, F. L.; MOORBY, J. Some aspects of overall growth and its modification. In: _____. **An introduction to crop physiology**. London: Cambridge University Press, 1974. 152 p.
- MOSHKIN, V. A. **Castor**. Rotterdam: Balkenma, 1986. 315 p.
- NASS, L. L.; PEREIRA, P. A. A.; ELLIS, D. Biofuels in Brazil: an overview. **Crop Science**, Madison, v. 47, n. 6, p. 2228-2237, 2007.
- OLSON, R. A.; SANDER, D. H. Corn production. In: SPRAGUE, G. F.; DUDLEY, J. W. (Ed.). **Corn and corn improvement**. 3rd ed. Madison: ASA, CSSA,SSSA, 1988. chap. 11, p. 639-686. (Agronomy, 18).
- PARSONS, A. J. ; LEAFE, E. L. ; COLLETT, B. ; STILES, W. The physiology of grass production under grazing 1: characteristics of leaf and canopy photosynthesis of continuously grazed sward. **Journal of Applied Ecology**, London, v. 20, n. 1, p. 117-126, 1983.
- PEARCE, R. B.; BROWN, R. H.; BLASER, R. E. Relationships between leaf area index, light interception and net photosynthesis in orchardgrass. **Crop Science**, Madison, v. 5, n. 6, p. 533-556, 1965.
- PEIXOTO, C. P. **Análise de crescimento e rendimento de três cultivares de soja em três épocas de semeadura e três densidades de plantas**. 1998. 151 p. Tese (Doutorado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

PEIXOTO, C. P.; GONÇALVES, J. A.; PEIXOTO, M de F. da S. P.; CARMO, D. O. do. Características agronômicas e produtividade de amendoim em diferentes espaçamentos e épocas de semeadura no Recôncavo Baiano. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 3, p. 563-568, 2008.

PEREIRA, A. R. Competição intra-específica entre plantas cultivadas. **O Agrônomo**, Campinas, v. 41, n. 1, p. 5-11, 1989.

PEREIRA, A. R.; MACHADO, E. C. Análise quantitativa do crescimento de vegetais. **Boletim Técnico do Instituto Agrônomo de Campinas**, Campinas, n. 114, 1987. 33 p.

PEREIRA, F. de A. R. **Efeitos de sistemas de cultivo sobre as populações de plantas daninhas, em condições de cerrado**. 2001. 77 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

PEREIRA, J. L. de A. R. **Cultivares, doses de fertilizantes e densidades de semeadura no cultivo de milho safrinha**. 2007. 56 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

PORTES, T. A.; CASTRO JUNIOR, L. G. Análise de crescimento de plantas: um programa computacional auxiliar. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 3, p. 53-60, 1991.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285 p.

ROCHA, J. L. V.; CONECCHIO FILHO, V.; FREIRE, E. S.; SCARANARI, H.; PETTINELLI, A. Adubação da mamoneira IV: experiências de espaçamento x adubação: 2ª série. **Bragantia**, Campinas, v. 23, p. 257-269, 1964.

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

SANTOS, R. F.; KOURI, J.; BARROS, M. A. L.; MARQUES, F. M.; FIRMINO, P. de T.; REQUIÃO, L. E. G. Aspectos econômicos do agronegócio da mamona. In: AZEVEDO, D.M.P. de; BELTRÃO, N.E. de M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. 2. ed. rev. e ampl. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p. 21-42.

SAVY FILHO, A. Mamona. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.

Boletim Técnico do Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, n. 100, 1996. 2. ed. 201 p.

SAVY FILHO, A. **Mamona**: tecnologia agrícola. Campinas: EMOPI, 2005. 105 p.

SAVY FILHO, A.; AMORIM, E. P.; RAMOS, N. P.; MARTINS, A. L. M.; CAVICHIOLI, J. C. IAC-2028: nova cultivar de mamona. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 3, p. 449-452, 2007.

SAVY FILHO, A.; BANZATO, N. V.; BARBOZA, M. Z.; MIGUEL, A. M. R. O.; DAVI, L. O. C.; RIBEIRO, F. M. Mamona: In: COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL. **Oleaginosas no estado de São Paulo**: análise e diagnóstico. Campinas, 1999. 39 p. (Documento técnico, 107).

SCHAMNE, J. A.; RONZELLI JÚNIOR, P.; DAROS, E.; KOELHER, H. S. Arranjos espaciais para a cultura do feijoeiro em sistema de semeadura convencional. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 2, p. 99-105, 2001.

SEVERINO, L. S.; COELHO, D. K.; MORAES, C. R. de A.; GONDIM, T. M. de S.; VALE, L. S. do. Otimização do espaçamento de plantio para a mamoneira cultivar BRS Nordestina. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 10, n. 1/2, p. 993-999, 2006a.

SEVERINO, L. S.; MORAES, C. R. de A.; GONDIM, T. M. de S.; CARDOSO, G. D.; BELTRÃO, N. E. de M. Crescimento e produtividade da mamoneira influenciada por plantio em diferentes espaçamentos entre linhas. **Revista Ciência Agrônoma**, Fortaleza, v. 37, p. 50-54, 2006b.

SEVERINO, L. S.; SILVA FILHO, J. L.; SANTOS, J. B.; ALENCAR, A. R. **Plantio de algodão adensado no Oeste Baiano**: safra 2002-2003. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. 3 p. (Comunicado técnico, 209).

SILVA, A. V. da; CHIAVEGATO, E. J.; CARVALHO, L. H.; KUBIAK, D. M. Crescimento e desenvolvimento do algodoeiro em diferentes configurações de semeadura. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 2, p. 407-411, 2006.

SILVA, A.V. **Caracteres morfológicos e produtivos do algodoeiro em diferentes configurações de semeadura**. 2007. 80 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

SILVA, L. C.; BELTRÃO, N. E. M.; AMORIM NETO, M. S. **Análise de crescimento de comunidades vegetais**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2000. 47 p. (Circular técnica, 34).

SORATTO, R. P.; SOUZA-SCHLICK, G. D. de; FERNANDES, A. M.; ZANOTTO, M. D.; CRUSCIOL, C.A.C. Narrow row spacing and high plant population to short height castor

genotypes in two cropping seasons. **Industrial Crops and Products**, Dordrecht, v. 35, n. 1, p. 244-249, 2012.

SORATTO, R. P.; SOUZA-SCHLICK, G. D. de; SAN GIACOMO, B. M.; ZANOTTO, M. D.; FERNANDES, A. M. Espaçamento e população de plantas de mamoneira de porte baixo para colheita mecanizada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 3, p. 245-253, 2011.

SOUZA-SCHLICK, G. D. de. **Espaçamento entre fileiras e população de plantas para cultivares de mamona de porte baixo na safra de verão e safrinha**. 2010. 108 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

SOUZA-SCHLICK, G. D. de; SORATTO, R. P.; PASQUALI, C. B.; FERNANDES, A. M. Desempenho da mamoneira IAC 2028 em função do espaçamento entre fileiras e população de plantas na safrinha. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 3, p. 519-528, 2011.

STEFANINI, M. B.; RODRIGUES, S. D.; MING, L. C. Efeito do ácido giberélico, ethephon e CCC nos índices da análise de crescimento (A.F.E., R.A.F. e R.M.F.) de erva-cidreira brasileira (*Lippia alba*). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 1, n. 1, p. 15-19, 1998.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: ARTMED, 2004. 719 p.

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

TSUNECHIRO, A.; ARIAS, E. R. A. Perspectivas de rentabilidade do milho “safrinha” nas principais regiões produtoras. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO SAFRINHA, 4., 1997, Assis. **Anais...** Assis: IAC, 1997. p. 15-20.

TURATTI, J. M.; GOMES, R. A. R.; ATHIÉ, I. **Lipídeos: aspectos funcionais e novas tendências**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 2002. 78 p.

VALE, L. S. do. **Crescimento e produtividade da mamoneira BRS Energia submetida a diversos espaçamentos**. 2009. 31 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2009.

9 APÊNDICE



Apêndice 1. Implantação e desenvolvimento da mamoneira IAC 2028 na safrinha de 2010. Botucatu, SP.



Apêndice 2. Implantação e desenvolvimento da mamoneira IAC 2028 na safrinha de 2011. Botucatu, SP.