

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DOUTORADO EM AGRONOMIA**

VALDEMIR ALEIXO

**DESENVOLVIMENTO DE *Jatropha curcas* (L.) EM FUNÇÃO DA PROCEDÊNCIA,
SISTEMA DE CULTIVO E DENSIDADE**

Marechal Cândido Rondon

2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DOUTORADO EM AGRONOMIA

VALDEMIR ALEIXO

DESENVOLVIMENTO DE *Jatropha curcas* (L.) EM FUNÇÃO DA PROCEDÊNCIA,
SISTEMA DE CULTIVO E DENSIDADE

Tese apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Nível Doutorado, para obtenção do título de Doutor em Agronomia. Área de Concentração: **Sistemas de Produção Sustentáveis.**

Orientador: Prof. Dr. Ubirajara Contro Malavasi

Marechal Cândido Rondon

2012

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca da UNIOESTE – Campus de Marechal Cândido Rondon – PR., Brasil)

A366d	Aleixo, Valdemir Desenvolvimento de <i>Jatropha curcas</i> (L.) em função da procedência, sistema de cultivo e densidade / Valdemir Aleixo. – Marechal Cândido Rondon, 2012. 75 p. Orientador: Prof. Dr. Ubirajara Contro Malavasi Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, 2012. 1. Pinhão manso – Tipos de cultivo. 2. Pinhão manso – Densidade populacional. 3. <i>Jatropha curcas</i> (L.). I. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. II. Título. CDD 22.ed. 634.9285 CIP-NBR 12899
-------	--

Ficha catalográfica elaborado por Marcia Elisa Sbaraini-Leitzke CRB-9/539



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46

Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>

Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000

Marechal Cândido Rondon - PR.



PARANÁ

GOVERNO DO ESTADO

Ata da reunião da Comissão Julgadora da Defesa de Tese do Biólogo **VALDEMIR ALEIXO**. Aos treze dias do mês de agosto de 2012, às 14h00min, sob a presidência do Prof. Dr. Ubirajara Contro Malavasi, em sessão pública reuniu-se a Comissão Julgadora da defesa da Tese do Biólogo VALDEMIR ALEIXO, aluno do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Agronomia - Nível Doutorado com área de concentração em **"PRODUÇÃO VEGETAL"**, visando à obtenção do título de **"DOUTOR EM AGRONOMIA"**, constituída pelos membros: Prof. Dr. Leandro Paiola Albrecht (UFPR), Prof.^a Dr.^a Marlene de Matos Malavasi, Prof. Dr. Claudio Yuji Tsutsumi, Pesq. Dr. Rubens Fey e Prof. Dr. Ubirajara Contro Malavasi (Orientador).

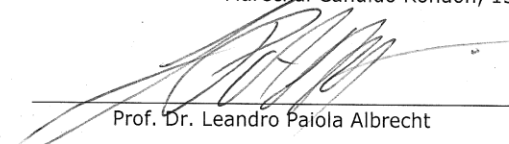
Iniciados os trabalhos, o candidato apresentou seminário referente aos resultados obtidos e submeteu-se à defesa de sua Tese, intitulada: **"Desenvolvimento de *Jatropha curcas* (L.) em função da procedência, sistema de cultivo e densidade"**.

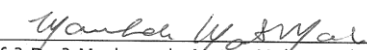
Terminada a defesa, procedeu-se ao julgamento dessa prova, cujo resultado foi o seguinte, observada a ordem de arguição:

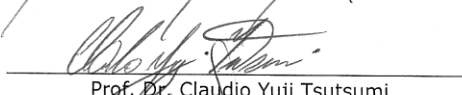
Prof. Dr. Leandro Paiola Albrecht.....Aprovado
Prof.^a Dr.^a Marlene de Matos Malavasi.....Aprovado
Prof. Dr. Claudio Yuji Tsutsumi.....Aprovado
Prof. Dr. Rubens Fey.....Aprovado
Prof. Dr. Ubirajara Contro Malavasi (Orientador).....Aprovado

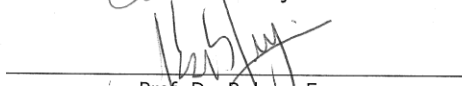
Apurados os resultados, verificou-se que o candidato foi habilitado, fazendo jus, portanto, ao título de **"DOUTOR EM AGRONOMIA"**, área de concentração: **"PRODUÇÃO VEGETAL"**. Do que, para constar, lavrou-se a presente ata, que vai assinada pelos senhores membros da Comissão Julgadora.

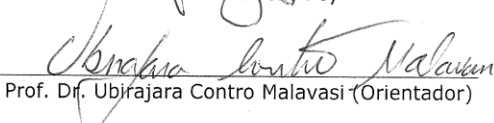
Marechal Cândido Rondon, 13 de agosto de 2012.


Prof. Dr. Leandro Paiola Albrecht


Prof.^a Dr.^a Marlene de Matos Malavasi (Co-Orientadora)


Prof. Dr. Claudio Yuji Tsutsumi


Prof. Dr. Rubens Fey


Prof. Dr. Ubirajara Contro Malavasi (Orientador)

*Pela vitória do mais forte,
Lutar! Lutar! Chegada é a hora.
Para o Zenith! Eis o teu norte!
Terra! Já vem rompendo a aurora!*

Para o Zenith! Eis o teu norte!

Francisca Moreno Aleixo e Raimundo Aleixo (*in memoriam*)
A vocês, dedico este e qualquer outro trabalho que eu fizer.

Juliana Ester Lunkes, minha eterna gratidão por sempre estar
ao meu lado dando-me o apoio e o incentivo necessários.

AGRADECIMENTOS

Deus

Senhor Deus, obrigado por mais esta conquista. A Sua luz mostrou-me os caminhos que deveria seguir e Seu amparo me manteve firme, para chegar até aqui.

Família

Mãe Chica e Pai Raimundo, gratidão eterna a vocês. Agradeço pelo apoio, incentivo e amparo, que incondicionalmente recebi. Obrigado pelos conselhos, pela educação, pelos limites impostos e pelo direcionamento que proporcionaram em minha vida.

À Juliana, companheira e entusiasta do meu trabalho, da minha dedicação e do meu comprometimento.

Aos meus irmãos Aparecido, Cecília, Fátima, Neusa, Telma e Valdir, registro aqui o meu obrigado pelo amparo, parceria e amizade.

Aos demais familiares, meu carinho e gratidão.

Orientador

Prof. Dr. Ubirajara Contro Malavasi, sou muito grato pela contribuição que me foi dada. Tenha certeza que nada disso seria possível se não fosse com seu auxílio, sua orientação e atenção. Obrigado por toda a confiança depositada em mim, na realização desta pesquisa.

PPGA - Doutorado

Dr. Armin Feiden, Dr. Cláudio Yuji Tsutsumi, Dr. Douglass Frederick Jacobs, Dr. Eurides Kuster Macedo, Dr^a. Marcia de Moraes Echer, Dr^a. Marlene de Matos Malavasi, Dr. Paulo Sérgio Rabello de Oliveira, Dr. Pedro Villar-Salvador, Dr. Ubirajara Contro Malavasi e Dr.

Vandeir Francisco Guimarães, à vocês Professores o meu agradecimento, pelos ensinamentos compartilhados. Às secretárias do PPGA Celei Pletsch e Daniele Bet, obrigado pela atenção e cordialidade.

Companheiros de “labuta”

“Tempo de plantar, momento de carpir e hora para colher”. Obrigado pessoal, por todo o auxílio prestado, foi de extrema importância em todo o desenvolvimento deste trabalho: Ademar, Alexandre, Deise, Diego, D. Chica, Fátima, Francielle, Gabriela, Jeferson, José, Juliana, Julia, Karol, Maicon, Matheus, Neusa, Patrícia, Roberto, Rubens, Vanessa, Vânia.

Reconhecimento

Dr. Cláudio Yuji Tsutsumi, Dr. Jeferson Klein, Dr^a. Marlene de Matos Malavasi, Dr. Ubirajara Contro Malavasi. Muito obrigado, por toda a ajuda prestada.

Amigos

Aos incontáveis amigos, meu obrigado. Vocês fazem parte da minha vida e esta vitória também é dedicada a vocês.

Instituições

Direção e Coordenações dos Cursos de Agronomia, Biologia, Engenharia Ambiental da PUCPR *campus* Toledo; Direção e Coordenação do Curso de Administração da FALURB; Direção e Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, nível Doutorado da UNIOESTE; Amigos e Colegas Professores, Amigos e Colegas de Profissão, Alunos dos Cursos de Graduação e Pós-Graduação.

A todos aqueles, que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho, meu sincero reconhecimento e agradecimento.

Este trabalho é a soma de todos vocês.

Muito Obrigado!

DESENVOLVIMENTO DE *Jatropha curcas* (L.) EM FUNÇÃO DA PROCEDÊNCIA, SISTEMA DE CULTIVO E DENSIDADE

RESUMO

Este trabalho objetivou avaliar o desenvolvimento de *J. curcas* em relação à área útil disponível para cada planta, em diferentes sistemas de cultivo. O experimento foi conduzido no período compreendido entre outubro de 2009 e maio de 2011, no Distrito de Dois Irmãos, Município de Toledo, Paraná. As mudas foram produzidas em ambiente casa de vegetação, em tubetes preenchidos com substrato comercial (Plantmax[®]), por um período de 50 dias, antes do transplante a campo. O experimento foi implantado em delineamento sistemático, em esquema fatorial 3 x 4 x 5, com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por três procedências (DOU-Dourados, MS; JAN-Janaúba, MG; PET-Petrolina, PE), distribuídas em quatro sistemas de cultivo (TES-Matocompetição, SOL-Cultivo Solteiro, CCA-Consórcio de Culturas Agronômicas, CPH- Consórcio Permanente com Herbácea) e cada uma delas com cinco áreas úteis (1,57; 4,71; 7,85; 11,00 e 14,50 m² planta⁻¹). Foram realizadas avaliações da altura total da planta, do diâmetro da base do colo, do diâmetro da copa, do número de folhas, do número de ramos e do Índice SPAD, aos 540 dias após o transplante. As médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Para efeito de densidade, os dados quantitativos foram submetidos à análise de regressão polinomial ao nível de 5% de probabilidade. O sistema de cultivo Solteiro foi o mais adequado para o desenvolvimento vegetativo de plantas de *J. curcas*. As três procedências testadas sofreram influências da área útil disponível por planta, no desenvolvimento vegetal. A transformação das áreas úteis testadas para um espaçamento retangular indica o espaçamento 3,0 x 3,5 como o mais adequado. O índice SPAD não evidenciou diferenças em função da área útil por planta.

Palavras-chave: pinhão-mansão, densidade populacional, experimento tipo leque, tipos de cultivo.

DEVELOPMENT OF *Jatropha curcas* (L.) AS A FUNCTION OF ORIGIN, AND DENSITY CULTIVATION SYSTEM

ABSTRACT

This study evaluated the development of *J. curcas* in relation to floor area available to each plant under different cropping systems. The experiment was conducted in the period between october 2009 and may 2011, the Toledo, Paraná. The seedlings were grown in a greenhouse environment, in containers filled with commercial substrate (Plantmax ®), for a period of 50 days before transplanting to the field. The experiment was established in systematic design, in factorial 3 x 4 x 5 with four replications. The treatments consisted of three provenances (DOU-Dourados, MS, JAN-Janaúba, MG; PET-Petrolina, PE), distributed in four cropping systems (WC-weed competition, GS-Growing Single, CAC-Consortium Agronomic Crops, PCH-Permanent Consortium with herb) and each with five areas useful (1.57, 4.71, 7.85, 11.00 and 14.50 m² plant⁻¹). Evaluations were made of the total plant height, diameter of the neck base, the canopy diameter, number of leaves, number of branches and the SPAD index at 540 days after transplant. The means were compared by Tukey test at 5% probability. For purposes of density, quantitative data were analyzed by polynomial regression at 5% probability. The Single cropping system was the most suitable for the vegetative growth of plants *J. curcas*. The three provenances tested were impacted by the available floor area per plant, the plant development. The transformation of the useful areas tested for a spacing means spacing rectangular 3.0 x 3.5 as appropriate. The SPAD index showed no differences as a function of floor area per plant.

Key-words: physic nut, population density, Nelder plots, types of cultivation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Representação do modelo compacto experimental proposto por Nelder. A forma e a distância se mantêm fixas. Arcos concêntricos ilustram a distância radial a partir do centro, em intervalos regulares.....	28
Figura 2:	Campo experimental em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR.....	31
Figura 3:	Temperatura e precipitação de outubro 2009 a maio 2011 no Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR.....	31
Figura 4:	Croqui de instalação do experimento em delineamento sistemático <i>Nelder Plots</i> . (TES – Testemunha; SOL – Cultivo Solteiro; CCA – Consórcio Culturas Agronômicas; CPH – Consórcio Permanente Herbácea; 1 DOU – Procedência Dourados; 2 JAN – Procedência Janaúba; 3 PET – Procedência Petrolina), cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo – PR.....	34
Figura 5:	Experimento com <i>J. curcas</i> em delineamento sistemático <i>Nelder Plots</i> . (A – Testemunha; B – Cultivo Solteiro; C – Consórcio Cultura Agronômica; D – Consórcio Permanente Herbácea) em janeiro de 2011. Área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR.....	34
Figura 6:	Experimento com <i>J. curcas</i> em delineamento sistemático <i>Nelder Plots</i> . A – implantação das mudas; B – mensuração da altura total da planta; C – obtenção do teor de clorofila com auxílio do SPAD; D – uso do paquímetro digital para obtenção do diâmetro do coleto em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR.....	35
Figura 7:	Altura total de plantas (mm) de <i>J. curcas</i> produzidas a partir de sementes oriundas de (a) DOU (Dourados, MS); (b) JAN (Janaúba, MG) e (c) PET (Petrolina, PE), aos 540 DAT cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR. TES (testemunha); SOL (cultivo solteiro); CCA (consórcio com culturas agronômicas); CPH (consórcio permanente com herbácea).....	43
Figura 8:	Altura total de plantas (mm) de <i>J. curcas</i> , após 540 DAT cultivadas em diferentes sistemas de cultivo (a) TES (testemunha); (b) SOL (cultivo solteiro); (c) CCA (consórcio com culturas agronômicas); (d) CPH (consórcio permanente com herbácea) cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR.....	44
Figura 9:	Diâmetro da Copa (mm) em <i>J. curcas</i> produzidas a partir de sementes oriundas de (a) DOU (Dourados, MS); (b) JAN (Janaúba, MG) e (c) PET (Petrolina, PE), aos 540 DAT, cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR. TES (testemunha); SOL (cultivo solteiro); CCA (consórcio com culturas agronômicas); CPH (consórcio permanente com herbácea).....	50
Figura 10:	Diâmetro da Copa (mm) em <i>J. curcas</i> , após 540 DAT, cultivadas em diferentes sistemas de cultivo (a) TES (testemunha); (b) SOL (cultivo solteiro); (c) CCA (consórcio com culturas agronômicas); (d) CPH (consórcio permanente com herbácea) cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR.....	51
Figura 11:	Número de folhas em plantas de <i>J. curcas</i> produzidas a partir de sementes oriundas de (a) DOU (Dourados, MS); (b) JAN (Janaúba, MG) e (c) PET (Petrolina, PE), aos 540 DAT cultivadas em área	

	rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR. TES (testemunha); SOL (cultivo solteiro); CCA (consórcio com culturas agronômicas); CPH (consórcio permanente com herbácea).....	55
Figura 12:	Número de folhas em plantas de <i>J. curcas</i> , após 540 DAT, cultivadas em diferentes sistemas de cultivo (a) TES (testemunha); (b) SOL (cultivo solteiro); (c) CCA (consórcio com culturas agronômicas); (d) CPH (consórcio permanente com herbácea) cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR.....	56
Figura 13:	Diâmetro da base do colo em plantas de <i>J. curcas</i> produzidas a partir de sementes oriundas de (a) DOU (Dourados, MS); (b) JAN (Janaúba, MG) e (c) PET (Petrolina, PE), aos 540 DAT, cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR. TES (testemunha); SOL (cultivo solteiro); CCA (consórcio com culturas agronômicas); CPH (consórcio permanente com herbácea).....	60
Figura 14:	Diâmetro da base do colo (mm) em plantas de <i>J. curcas</i> , após 540 DAT cultivadas em diferentes sistemas de cultivo (a) TES (testemunha); (b) SOL (cultivo solteiro); (c) CCA (consórcio com culturas agronômicas); (d) CPH (consórcio permanente com herbácea) cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR.....	61
Figura 15:	Índice SPAD em folhas de <i>J. curcas</i> produzidas a partir de sementes oriundas de (a) DOU (Dourados, MS); (b) JAN (Janaúba, MG) e (c) PET (Petrolina, PE), aos 540 DAT, cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR. TES (testemunha); SOL (cultivo solteiro); CCA (consórcio com culturas agronômicas); CPH (consórcio permanente com herbácea).....	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1:	Valores médios para Altura Total da Planta (Ht), Diâmetro da Base do Colo (Db), Diâmetro da Copa (Dc), Número de Folhas (Nf), Número de Ramos (Nr) e Índice SPAD (Is) em plantas de <i>J. curcas</i> em função das procedências: Dourados (DOU), Janaúba (JAN) e Petrolina (PET), aos 540 DAT cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR.....	37
Tabela 2:	Valores médios para Altura Total da Planta (Ht), Diâmetro da Base do Colo (Db), Diâmetro da Copa (Dc), Número de Folhas (Nf), Número de Ramos (Nr) e Índice SPAD (Is) em plantas de <i>J. curcas</i> em função dos sistemas de cultivo Testemunha (TES); Cultivo Solteiro (SOL); Consórcio Culturas Agronômicas (CCA); Consórcio Permanente Herbácea (CPH), aos 540 DAT cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR.....	38
Tabela 3:	Valores médios para Altura Total da Planta (Ht), Diâmetro da Base do Colo (Db), Diâmetro da Copa (Dc), Número de Folhas (Nf), Número de Ramos (Nr) e Índice SPAD (Is) em plantas de <i>J. curcas</i> em função da área útil (1,57; 4,71; 7,85; 11,00 e 14,50 m ² planta ⁻¹), aos 540 DAT cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR.....	38
Tabela 4:	Análise de Variância para Altura Total da Planta (Ht), Diâmetro da Base do Colo (Db), Diâmetro da Copa (Dc), Número de Folhas (Nf), Número de Ramos (Nr) e Índice SPAD (Is) em plantas de <i>J. curcas</i> em função do sistema de cultivo, da procedência e da área útil por planta, aos 540 DAT cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR.....	39
Tabela 5:	Altura total de plantas (mm) de <i>J. curcas</i> em diferentes áreas para o plantio em função dos sistemas de cultivo Testemunha (TES); Cultivo Solteiro (SOL); Consórcio Culturas Agronômicas (CCA); Consórcio Permanente Herbácea (CPH), aos 540 DAT, cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR.....	42
Tabela 6:	Ajustes de equações para Altura Total de plantas (mm) de <i>J. curcas</i> , na interação entre: área útil x procedência x sistema de cultivo aos 540 DAT, cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR. TES (testemunha); SOL (cultivo solteiro); CCA (consórcio com culturas agronômicas); CPH (consórcio permanente com herbácea); DOU (Dourados, MS); JAN (Janaúba, MG) e PET (Petrolina, PE).....	45
Tabela 7:	Diâmetro da Copa (mm) em plantas de <i>J. curcas</i> em diferentes áreas para o plantio em função dos sistemas de cultivo Testemunha (TES); Cultivo Solteiro (SOL); Consórcio Culturas Agronômicas (CCA); Consórcio Permanente Herbácea (CPH), aos 540 DAT, cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR.....	49
Tabela 8:	Ajustes de equações para Diâmetro da Copa (mm) em plantas de <i>J. curcas</i> , na interação entre: área útil x procedência x sistema de cultivo, aos 540 DAT cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR. TES (testemunha); SOL (cultivo solteiro);	

	CCA (consórcio com culturas agronômicas); CPH (consórcio permanente com herbácea); DOU (Dourados, MS); JAN (Janaúba, MG) e PET (Petrolina, PE).....	52
Tabela 9:	Número de folhas em plantas de <i>J. curcas</i> em diferentes áreas para o plantio em função dos sistemas de cultivo Testemunha (TES); Cultivo Solteiro (SOL); Consórcio Culturas Agronômicas (CCA); Consórcio Permanente Herbácea (CPH), aos 540 DAT, cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR.....	54
Tabela 10:	Ajustes de equações para Número de folhas em plantas de <i>J. curcas</i> , na interação entre: área útil x procedência x sistema de cultivo. Aos 540 DAT, cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR. TES (testemunha); SOL (cultivo solteiro); CCA (consórcio com culturas agronômicas); CPH (consórcio permanente com herbácea); DOU (Dourados, MS); JAN (Janaúba, MG) e PET (Petrolina, PE).....	57
Tabela 11:	Diâmetro da base do colo (mm) em plantas de <i>J. curcas</i> em diferentes áreas para o plantio em função dos sistemas de cultivo Testemunha (TES); Cultivo Solteiro (SOL); Consórcio Culturas Agronômicas (CCA); Consórcio Permanente Herbácea (CPH), aos 540 DAT, cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR.....	59
Tabela 12:	Ajustes de equações para Diâmetro da base do colo (mm) em plantas de <i>J. curcas</i> , na interação entre: área útil x procedência x sistema de cultivo, aos 540 DAT, cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR. TES (testemunha); SOL (cultivo solteiro); CCA (consórcio com culturas agronômicas); CPH (consórcio permanente com herbácea); DOU (Dourados, MS); JAN (Janaúba, MG) e PET (Petrolina, PE).....	62
Tabela 13:	Índice SPAD em folhas de <i>J. curcas</i> em diferentes áreas para o plantio em função dos sistemas de cultivo Testemunha (TES); Cultivo Solteiro (SOL); Consórcio Culturas Agronômicas (CCA); Consórcio Permanente Herbácea (CPH), aos 540 DAT, cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR.....	64
Tabela 14:	Ajustes de equações para Índice SPAD em folhas de plantas de <i>J. curcas</i> na interação entre: área útil x procedência x sistema de cultivo, aos 540 DAT, cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR. TES (testemunha); SOL (cultivo solteiro); CCA (consórcio com culturas agronômicas); CPH (consórcio permanente com herbácea); DOU (Dourados, MS); JAN (Janaúba, MG) e PET (Petrolina, PE).....	66
Tabela 15:	Número de ramos em plantas de <i>J. curcas</i> em diferentes áreas para o cultivo em função dos sistemas de cultivo Testemunha (TES); Cultivo Solteiro (SOL); Consórcio Culturas Agronômicas (CCA); Consórcio Permanente Herbácea (CPH). Aos 540 DAT, cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR.....	68
Tabela 16:	Espaçamentos e número de plantas de <i>J. curcas</i> para áreas comerciais sugeridos, a partir das áreas úteis dimensionais do modelo sistemático experimental <i>Nelder Plots</i>	69

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	8
LISTA DE FIGURAS.....	9
LISTA DE TABELAS.....	11
SUMÁRIO.....	13
1 INTRODUÇÃO.....	14
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1 Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel – PNPB.....	16
2.2 A cultura do pinhão-manso – <i>Jatropha curcas</i> (L.).....	19
2.3 Efeitos do espaçamento no desenvolvimento vegetal.....	24
2.4 Delineamento sistemático <i>Nelder Plots</i>	26
3 OBJETIVOS.....	29
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	30
4.1 Caracterização da área experimental.....	30
4.2 Produção de mudas	32
4.3 Instalação do experimento.....	32
4.4 Procedimentos de avaliação.....	35
4.5 Métodos estatísticos.....	36
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
5.1 Resumo da Análise de Variância – ANOVA.....	37
5.2 Altura total da planta.....	40
5.3 Diâmetro da copa.....	46
5.4 Número de folhas.....	53
5.5 Diâmetro da base do colo.....	58
5.6 Índice SPAD.....	63
5.7 Número de ramos.....	67
5.8 Dimensionamento do espaçamento para o cultivo de <i>J. curcas</i>	68
6 CONCLUSÃO.....	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71

1 INTRODUÇÃO

Originária da América Central, a *Jatropha curcas* (L.), popularmente conhecida como pinhão-manso é uma *Euphorbiaceae* perene, de crescimento rápido, geralmente cultivada em áreas de solos pouco férteis e de clima desfavorável (HELLER, 1996).

O pinhão-manso inicialmente foi introduzido na África e na Ásia e atualmente é cultivado em solos de todo o mundo (DANIDA FOREST SEED CENTRE – DFSC, 2003). Apresenta-se como uma planta de usos múltiplos, desde sua aplicação como cercas vivas e controle de erosão, até em tratamento de doenças por suas propriedades curativas e, recentemente na produção de energia renovável (ARRUDA *et al.*, 2004; ALVES *et al.*, 2008; BRITTAINE e LUTALADIO, 2010).

Estudos sobre o emprego de fontes renováveis de energia têm sido intensificados, especialmente na utilização de biomassa vegetal, como no caso da produção de biodiesel (VELOSO, ARAÚJO e SOUSA, 2007; BERCHMANS e HIRATA, 2008; SATO *et al.*, 2009; MELO *et al.*, 2011).

Para Dalchiavon *et al.* (2010), a cultura do pinhão-manso tem sido cotada como uma das potencialidades para o fornecimento de matéria-prima à produção de biodiesel. Esta escolha se baseia na expectativa de que a planta possua alta produtividade de óleo, tenha baixo custo de produção e seja resistente ao estresse hídrico (BELTRÃO *et al.*, 2007).

Para que esse mercado continue em ascensão é necessário manter o fluxo da matéria-prima para as indústrias, de modo a garantir o estabelecimento das cadeias produtivas do setor (SANTOS *et al.*, 2012).

No Brasil, estima-se que mais de 200 espécies de oleaginosas apresentam potencial para produzir óleo como fonte de matéria-prima para a produção de biodiesel. Esta diversidade pode ser uma grande vantagem e ao mesmo tempo uma dificuldade, pois para cada agronegócio, tem-se a necessidade de conhecer e tornar funcionais essas cadeias (BELTRÃO, 2006).

A justificativa para a realização deste trabalho refere-se especialmente à necessidade de se obter informações sobre o comportamento e o desenvolvimento do pinhão-manso, nas condições do Oeste do Paraná. A referência acima se acentua em razão dos principais problemas que o cultivo do pinhão-manso pode

apresentar por estar no início do estágio de domesticação e, essencialmente por não ter passado ainda por melhoramento genético (BRITTAINE e LUTALADIO, 2010).

O objetivo do presente trabalho está baseado na avaliação do desenvolvimento vegetal de *J. curcas* de diferentes procedências, em função da área útil disponível por planta, nos diferentes sistemas de cultivo para as condições do Oeste do Paraná.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel – PNPB

As discussões sobre os combustíveis de fontes renováveis têm ganhado cada vez mais espaço no cenário nacional e internacional. A preocupação com os problemas ambientais e com as mudanças climáticas tem levado os países a buscar soluções sustentáveis, com o objetivo de reduzir o consumo dos combustíveis fósseis (AVZARADEL, 2008; CORRÊA *et al.*, 2008; BRITTAINE e LUTALADIO, 2010).

Estudos sobre o emprego de fontes renováveis de energia têm sido intensificados, especialmente na utilização de biomassa vegetal, como no caso da produção de biodiesel (VELOSO, ARAÚJO e SOUSA, 2007; BERCHMANS e HIRATA, 2008; SATO *et al.*, 2009; MELO *et al.*, 2011).

O biodiesel é um combustível obtido de fontes limpas e renováveis como óleos vegetais e gorduras animais, por meio de um processo químico denominado transesterificação. Este processo baseia-se na reação do óleo vegetal com o álcool ou metanol, facilitada por um catalisador (NAKPONG e WOOTTHIKANOKKHAN, 2010). Dois subprodutos resultam desse processo: uma torta orgânica, que pode ser utilizada como adubo, e a glicerina, aplicada na fabricação de cosméticos (CARNIELLI, 2003).

Isento de compostos sulfurados, este combustível não contribui para formação de chuvas ácidas e apresenta biodegradabilidade. Quando comparado ao diesel fóssil, oferece vantagens para o meio ambiente, como a redução de emissões de dióxido de carbono (CO₂) que atualmente é considerado o principal responsável pelo efeito estufa (SANTOS e PINTO, 2009).

Adicionalmente, Carnielli (2003) afirma que, a adoção do biodiesel traz outras vantagens, pois sua queima reduz em 55% a emissão de fuligem e em 35% a liberação de hidrocarboneto (substâncias consideradas como cancerígenas). Além disso, simplificada, o gás carbônico gerado na queima é consumido no processo de fotossíntese realizado nos cultivos de plantas oleaginosas e devolvido à atmosfera como oxigênio. Dessa forma, há um ciclo fechado de produção sem sobras poluentes.

Segundo o PNPB – Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (2004), o biodiesel contribuirá para melhorar a qualidade do ar nos grandes centros urbanos a partir da redução da emissão de gases poluentes. Isto porque substituirá parcialmente o óleo diesel, derivado de petróleo. O uso do biodiesel também possibilita o atendimento dos compromissos firmados nas Convenções sobre Clima e pode proporcionar a obtenção de créditos de carbono, dentro do que está previsto no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), no âmbito do Tratado de Quioto.

Para regular e adequar as ações conjuntas no sentido de promover a produção de biodiesel no Brasil, em 2004 foi criado um programa interministerial do Governo Federal, com o objetivo de implementar de forma sustentável a produção e o uso do biodiesel, tendo como base a inclusão social e o desenvolvimento regional (SOUZA e MOREIRA, 2010).

Para isso, foi instituída pelo Decreto de 23/12/2003 a Comissão Executiva Interministerial para o Biodiesel (CEIB) – subordinada pela Casa Civil da Presidência da República e coordenada pelo Grupo Gestor do Ministério de Minas e Energia – que teve como função principal elaborar, implantar e monitorar o programa integrado para a viabilização do biodiesel, bem como propor os atos normativos que se fizerem necessários para o andamento do programa (BRASIL, 2012a).

O PNPB segundo Souza e Moreira (2010) foi criado, em 2004, com o objetivo de produzir biodiesel de forma sustentável e promover a inclusão social da agricultura familiar à cadeia produtiva do biodiesel, com vistas para desenvolvimento regional sustentável.

Para Brasil (2012b), o marco regulatório que autoriza o uso comercial do biodiesel no Brasil considera a diversidade de oleaginosas disponíveis no país, a garantia do suprimento e da qualidade, a competitividade frente aos demais combustíveis e uma política de inclusão social. As regras permitem a produção a partir de diferentes oleaginosas e rotas tecnológicas, possibilitando a participação do agronegócio e da agricultura familiar.

Segundo a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP (2012), o biodiesel é classificado de acordo com sua constituição. Utilizando-se de uma denominação para o composto *Blend* (mistura), sua utilização pode ser na forma pura (B100) ou misturado com diesel de petróleo em qualquer concentração. No Brasil, em cumprimento da legislação, iniciou-se a comercialização na

composição de 2% de biodiesel, misturado ao diesel petróleo (B2). Em 2010 passou a vigorar o B5, com expectativas de se obter até 2015, o composto B20.

Para que esse mercado continue em ascensão é necessário manter o fluxo da matéria-prima para as indústrias, de modo a garantir o estabelecimento das cadeias produtivas do setor (SANTOS *et al.*, 2012).

No Brasil, estima-se que mais de 200 espécies de oleaginosas apresentam potencial para produzir óleo, como fonte de matéria-prima para a produção de biodiesel. Esta diversidade pode ser uma grande vantagem e ao mesmo tempo uma dificuldade, pois para cada agronegócio, tem-se a necessidade de conhecer e tornar funcionais essas cadeias (BELTRÃO, 2006).

Existem diferentes espécies de oleaginosas no Brasil das quais se pode produzir o biodiesel (FERRARI, OLIVEIRA e SCABIO, 2005; BELTRÃO, 2006; CORRÊA *et al.*, 2008; SANTOS *et al.*, 2012) entre elas mamona, dendê, girassol, babaçu, soja, amendoim e algodão. Entretanto, outras oleaginosas podem apresentar potencial produtivo para o biocombustível, tais como a oiticica, catolé e pinhão-manso (PNPB, 2004; BERCHMANS e HIRATA, 2008; NAKPONG e WOOTHIKANOKKHAN, 2010).

O que se observa em relação às culturas indicadas como potenciais fornecedoras de óleo para a produção de biodiesel, é que muitas delas não possuem uma cadeia produtiva estruturada o suficiente para atender a necessidade do processo produtivo, além de haver carência em termos de desenvolvimento tecnológico (LUNCKES, 2009).

A composição de uma matriz energética com combustíveis de fontes renováveis é considerada uma alternativa elegível para a maioria da comunidade científica nacional e internacional, pois o resultado da transformação da biomassa vegetal em energia, pode contribuir, com a demanda e por conseqüência auxiliar na minimização dos impactos ambientais negativos gerados.

É de conhecimento que muitos vegetais apresentam potencial para a extração de óleos (biodiesel) ou produtos de fermentação (etanol). No entanto, é necessário ajustar o conhecimento de manejo para cada espécie, com determinação de suas características fenológicas, morfofisiológicas, botânicas, ecológicas, com intuito de obter bons resultados produtivos, pois é imprescindível que estas espécies tenham um atrativo econômico.

2.2 A Cultura do pinhão-manso – *Jatropha curcas* (L.)

O pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) foi descrito pela primeira vez pelo botânico sueco *Carl Linnaeus*, em 1753 (KUMAR e SHARMA, 2008; BRITTAINE e LUTALADIO, 2010). Pertencente à família *Euphorbiaceae*, da tribo *Hippomanaea*, atualmente são conhecidas aproximadamente 170 espécies (HELLER, 1996).

Para Heller (1996), Nunes (2007) e Ovando-Medina *et al.* (2011), popularmente, a *J. curcas* é conhecida como: physic nut, purging nut (EUA); curcas (Índia); pinhão-manso, pinhão paraguaio, pinhão-de-purga, purgueira e pinhão de cerca (Brasil); tempate, coquillo (Costa Rica, Honduras e El Salvador); médicinier, pignon d'Inde, purghere (França); Kadam (Nepal), yu-lu-tzu (China); mupuluka (Angola); butuje (Nigéria); piñoncillo (México); tártago (Porto Rico); piñol (Peru); fagiola d'India (Itália); purgeer boontjie (África do Sul); purge-ernoot (Holanda); purgiernuss (Alemanha); e habel meluk (Arábia Saudita).

Etimologicamente, *Jatropha* deriva do grego *iatrós* (doutor) e *trophé* (comida), implicando sobre suas propriedades curativas e medicinais (HELLER, 1996; KUMAR e SHARMA, 2008).

Há indicações na literatura que tanto as sementes quanto o óleo retirado do pinhão-manso, e o látex que a planta apresenta em seus componentes vegetais, possam ser utilizadas para tratamentos e acometimentos de diversas doenças como, afecções da pele, reumatismo, gota, hidropisia, entre outras (ARRUDA *et al.*, 2004; ALVES *et al.*, 2008; BRITTAINE e LUTALADIO, 2010). Acredita-se que, o uso tópico da seiva espessa das hastes da planta serve para curar hematomas ou feridas. A seiva fresca é colocada sobre uma mecha de algodão e aplicada diretamente sobre a área lesionada (ARRUDA *et al.*, 2004). O efeito curativo do pinhão-manso remete aos mesmos benefícios, daqueles proporcionado pelo esparadrapo (ALVES *et al.*, 2008).

Adicionalmente, outras utilizações e aplicações são consideradas por diversos autores, tais como: iluminação, com o uso do óleo em lamparinas (SATO *et al.*, 2009; BRITTAINE e LUTALADIO, 2010); cerca viva para demarcação de áreas, como as rurais e de pastejo (SATO *et al.*, 2009; BRITTAINE e LUTALADIO, 2010); controle de erosão, por meio do entrelace de suas raízes superficiais (ALVES *et al.*, 2008; BRITTAINE e LUTALADIO, 2010); produção de sabão biodegradável (ARRUDA *et al.*, 2004; BRITTAINE e LUTALADIO, 2010); plantas ornamentais

(BRITTAINE e LUTALADIO, 2010); molusquicida, inseticida e nematocida, produzidos a partir do óleo e do látex (SATO *et al.*, 2009).

Sem origem definida pela literatura, acredita-se que a espécie tenha ocorrência natural no México e na América Central (HELLER, 1996). Inicialmente o pinhão-mansó foi introduzido na África e Ásia e atualmente é cultivada em solos de todo o mundo (DFSC, 2003).

Para Dalchiavon *et al.* (2010), a cultura do pinhão-mansó tem sido cotada como uma das potencialidades para o fornecimento de matéria-prima à produção de biodiesel. Esta escolha se baseia na expectativa de que a planta possua alta produtividade de óleo, tenha baixo custo de produção (por ser perene) e seja resistente ao estresse hídrico (BELTRÃO *et al.*, 2007).

Atualmente, o óleo extraído da semente tem sido utilizado para fins energéticos. A torta (co-produto da *Jatropha*) é tóxica – embora a semente seja considerada a parte mais tóxica da planta todos seus componentes contêm toxinas tais como ésteres de forbol, curcins e inibidores de tripsina – e, portanto, inadequada para alimentação animal; entretanto, tem potencial como adubo orgânico, pois o farelo residual apresenta elevados teores de nitrogênio, fósforo e potássio (SATO *et al.*, 2009; GOLDFARB *et al.*, 2010).

Arruda *et al.* (2004) caracterizam o pinhão-mansó como um arbusto perene, suculento e de grande porte. Apresenta crescimento rápido e altura variável entre dois a três metros, entretanto, pode alcançar até cinco metros de altura, em condições favoráveis e de manejo adequado. Embora seja uma planta com sistema radicular tipo axial, suas raízes são curtas e pouco ramificadas. O sistema é formado basicamente por uma raiz principal central, quatro raízes laterais e diversas raízes secundárias.

De formação lenhosa desenvolvida, porém, pouco resistente, apresenta ramos e caules ocos, com floema constituído por longos canais que se estendem até as raízes, nos quais circula o látex branco – suco leitoso em abundância que corre em qualquer injúria ou ferimento no vegetal (BRITTAINE e LUTALADIO, 2010).

As folhas do pinhão-mansó são verdes, esparsas e brilhantes, largas, pecioladas e alternadas, em forma de palma apresentando de três a cinco lóbulos, com nervuras esbranquiçadas e salientes na face inferior. Possui floração monóica, apresentando na mesma planta – mas com sexo separado – flores masculinas em maior número nas extremidades das ramificações e femininas nas ramificações, as

quais são amarelo-esverdeadas e diferenciam-se pela ausência de pedúnculo articulado, nas femininas que são largamente pedunculadas (CORTESÃO e BRASIL *apud* ARRUDA *et al.*, 2004). Apresenta polinização cruzada, primordialmente entomófila, entre diferentes flores da mesma planta ou de plantas diferentes, sendo parcialmente *auto*-compatível (ALBUQUEQUE *et al.*, 2008).

Com diâmetro entre 1,5 e 3,0 cm, o fruto é capsular, ovóide e trilocular com uma semente em cada lóculo. Sua casca é dura, lenhosa, indeiscente e apresenta colorações variáveis de acordo com o estágio de maturação fisiológica (verde, amarelo, castanho claro e castanho escuro, respectivamente). As sementes são consideradas ortodoxas, protegidas por um tegumento rijo, seguida por uma película branca que envolve a amêndoa; albúmen abundante, branco, com alto teor de óleo, contendo o embrião. Sua biometria refere-se a 1,53 e 2,85 g de massa fresca total; comprimento maior 1,5 a 2 cm, e, comprimento menor 1,0 a 1,3 cm (HELLER, 1996).

A planta segue a arquitetura clássica das euforbiáceas, onde a primeira inflorescência é apical, originando a emissão de novos ramos que passam a ser axilares até o surgimento de novas inflorescências que, por sua vez, impedem novamente o crescimento apical, surgindo os próximos ramos e, assim, sucessivamente (ALBUQUERQUE *et al.*, 2008).

O crescimento vegetativo ocorre durante a estação chuvosa, simultaneamente com a floração, seguida de frutificação. No período de seca, há pouco crescimento da planta e geralmente com queda das folhas (caducifolia). Aproximadamente dois anos após o plantio a campo, dá-se o início da produção de frutos (BRITTAINE e LUTALADIO, 2010).

Segundo Arruda *et al.* (2004), nas sementes de pinhão-mansão, são encontradas ainda, 7,2% de água, 37,5% de óleo e 55,3% de açúcar, amido, albuminoides e materiais minerais, sendo 4,8% de cinzas e 4,2% de nitrogênio.

O teor de óleo é variável entre as pesquisas que trazem valores para os percentuais comparados ao peso do fruto total, ao peso total da semente e algumas vezes, os valores são comparados ao peso total da amêndoa. Entre os valores para teor de óleo pode-se considerar que, em uma simples extração a frio por prensa, os valores médios obtidos são de 38% e 58%, a considerar semente e amêndoa, respectivamente (HELLER, 1996; ALBUQUERQUE *et al.*, 2008; FRANCO e GABRIEL, 2008; BRITTAINE e LUTALADIO, 2010).

Geralmente sua propagação é realizada via seminal, e a produção de mudas pode oferecer a facilidade e o benefício de se obter plantas, com características uniformes para o plantio a campo. Entretanto, alguns autores (ARRUDA *et al.*, 2004; BRITTAINE e LUTALADIO, 2010) alertam que esta técnica pode apresentar a desvantagem de baixo desenvolvimento da parte radicular. A produção de plantas clonais – utilizando cultura de tecidos – não é uma realidade a ser considerada atualmente para esta espécie, em razão das pesquisas em caráter inicial.

Em relação às pragas e doenças, estas não representam uma significativa ameaça para as plantas de pinhão-mansinho, devido principalmente, às características tóxicas em todos os componentes da planta. Entretanto, cultivos em monocultura, podem apresentar incidência de algumas doenças que acarretam, por exemplo, podridão do colo, manchas foliares, podridão da raiz, abortamento de flores e frutos (BRITTAINE e LUTALADIO, 2010).

Beltrão *et al.* (2007) destacam que, em observações preliminares em lavouras do Brasil, o pinhão-mansinho é muito vulnerável a pragas, tais como cigarrinha, ácaro branco, trips, broca do tronco, percevejo, cupim, formiga e doenças como oídio, fusariose, entre outras.

Poucos dados científicos sobre a relação entre plantas daninhas e pinhão-mansinho estão disponíveis. Franco e Gabriel (2008) enfatizam que, algumas espécies de plantas daninhas variam com as características intrínsecas do “sítio”, e que outras, são comumente encontradas, tais como: capim-colchão (*Digitaria sanguinalis* L. Scop.), grama seda (*Cynodon dactylon* L. Pers.), beldroega (*Portulaca oleracea* L.), falsa serralha (*Emilia fosbergii* Nicolson), nabica (*Raphanus raphanistrum* L.), corda-de-viola (*Ipomoea triloba* L.), trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.), erva-quente (*Spermacoce latifolia* Aubl.) e guanxuma (*Sida rhombifolia* L.). No entanto, já se sabe que como cultura agrícola o pinhão não tolera a mato competição na fase inicial de implantação da lavoura ou nos ciclos produtivos.

Beltrão *et al.* (2007) realizaram uma pesquisa em que foram testadas a interferência de cinco espécies de plantas daninhas (*Cyperus diffusus*, *Cenchrus echinatus*, *Acanthospermum hispidum*, *Trianthema portulacastrum* e *Commelina diffusa*) no desenvolvimento de plantas de pinhão-mansinho aos 90 dias após a emergência e constataram que a infestação por plantas daninhas reduz consideravelmente o crescimento das plantas de pinhão mansinho. A interferência por

Cyperus diffusus é a que ocasiona maior redução no crescimento das plantas de pinhão-manso.

As melhores condições de crescimento são encontradas em regiões tropicais e subtropicais, com limites de cultivo entre 30° Norte e 35° Sul, baixas altitudes – até 500 metros (DFSC, 2003), em áreas com precipitação média anual variável entre 1000 e 1500 mm, com temperaturas variáveis entre 20 °C e 28 °C e pouca tolerância às geadas. O pinhão-manso desenvolve-se em solos bem drenados, com boa aeração, sem risco de alagamento (HELLER, 1996; KUMAR e SHARMA, 2008; BRITTAINE e LUTALADIO, 2010). No Brasil, o pinhão-manso ocorre praticamente em todas as regiões, sempre de forma dispersa e adaptando-se às diversas condições edafoclimáticas (ALVES *et al.*, 2008).

Em trabalho realizado em câmaras de crescimento, Andrade *et al.* (2008) testou o cultivo e a resistência de plantas de pinhão-manso em diferentes temperaturas (1 °C, 0 °C, -1 °C, -2 °C, -3 °C, -4 °C e -5 °C), em que foi observado que a temperatura mínima crítica para o cultivo está entre -3 °C e -4 °C. Considerando a capacidade de recuperação das plantas danificadas até este limiar, Andrade *et al.* (2008) afirma que o plantio desta cultura em áreas que apresentam baixo risco de geadas moderadas, pode ser uma atividade viável.

A cultura do pinhão-manso é considerada opção agrícola para áreas áridas, semi-áridas e na recuperação de ambientes degradados (ALVES *et al.*, 2008), promove a integração do acesso à produção agrícola com renda, especialmente aos pequenos produtores rurais (pela venda das sementes ou do óleo, para fins energéticos), o que pode contribuir com o desenvolvimento rural e regional. Nesta proposta, considera-se ainda o emprego da mão de obra familiar, e como consequência a fixação do homem no campo.

Adicionalmente, pode-se considerar que a cultura do pinhão-manso oferece benefício à segurança alimentar, pois permite o uso de culturas anuais alimentícias na forma de consórcio (BRITTAINE e LUTALADIO, 2010), uma vez que obtem-se a formação de um microclima, que favorece o desenvolvimento de outras culturas nas entrelinhas (SATO *et al.*, 2009).

Em termos de sua viabilidade como cultura comercial, o pinhão-manso apresenta rendimentos marginais. Invariavelmente, a literatura apresenta valores de produções experimentais, que quando extrapolados, não refletem a realidade dos plantios comerciais. Segundo Beltrão *et al.* (2007), geralmente esses dados são

acompanhados de pouco ou nenhuma informação sobre a procedência genética, idade, método de propagação, poda, chuva, espaçamento, tipo de solo, fertilidade do solo, entre outros, que refletem diretamente na produção.

Brittaine e Litaladio (2010) relatam que na África subsaariana e no sul da Ásia, a produção tem sido variável entre 1,0 e 1,6 toneladas por hectare. Para Heller (1996), a variância de produção pode ser ainda maior, entre 0,1 e 8,0 toneladas por hectare. Nas condições brasileiras, plantas adultas (3 a 4 anos), a produção mínima deve ser de 2 toneladas por hectare (CARNIELLI, 2003; ARRUDA *et al.*, 2004; LAVIOLA e DIAS, 2008).

Brittaine e Litaladio (2010) alertam para os principais problemas que o cultivo do pinhão-mansão pode apresentar. Estes problemas estão relacionados ao fato da espécie estar no início do estágio de domesticação, essencialmente por não ter passado ainda por melhoramento genético; por apresentar características tóxicas, o que inviabiliza o uso de torta na alimentação animal; e por seu rendimento e teor de óleo, serem altamente variáveis.

Para Albuquerque *et al.* (2008), Alves *et al.* (2004) e Beltrão *et al.* (2007) outro fator prejudicial ao seu cultivo é o descontínuo processo de floração e frutificação, ocorrendo maturação desuniforme e dificultando a mecanização, o que aumenta os custos com a colheita.

Portanto, o pinhão-mansão é uma planta onde o conhecimento técnico e científico ainda é limitado. Há somente estimativas feitas, com metodologia insuficiente, para extrapolar a produção de uma planta isolada em produtividade de uma lavoura comercial. Para seu estabelecimento, há a necessidade de mais pesquisas e investimentos para que as atividades possam chegar a resultados economicamente viáveis (HELLER, 1996; ARRUDA *et al.*, 2004; ALBUQUERQUE *et al.*, 2008; BELTRÃO *et al.*, 2007; VELOSO, ARAÚJO e SOUSA, 2007; LAVIOLA e DIAS, 2008; NEVES *et al.*, 2009).

2.3 Efeitos do arranjo espacial no desenvolvimento vegetal

A escolha do melhor espaçamento para plantio no desenvolvimento vegetal dá-se pelo objetivo final da cultura. Considerando a diversidade de produtos que as espécies lenhosas podem oferecer, é importante que se conheça o melhor

espaçamento em função da produção, seja para madeira, frutos, celulose, folhas, energia, entre outros. Mantendo desta forma a melhor produtividade por área útil de plantio, evitando subutilização das áreas.

O espaçamento tem uma série de implicações do ponto de vista silvicultural, tecnológico e econômico. Afeta as taxas de crescimento da planta, qualidade da planta, idade de corte ou produção, bem como as práticas de exploração e de manejo e conseqüentemente, reflete nos custos de produção (BALLONI e SIMÕES, 1980).

Silva (2005) ressalta que é importante definir o arranjo de plantio, pois teoricamente o aumento da retangularidade (razão entre as distâncias entre linhas e entre plantas) deve diminuir a produtividade e a uniformidade das florestas por reduzir a interceptação de luz e acelerar a estratificação das árvores, além de aumentar os riscos de mato competição e dos danos causados por ventos.

Para Berger *et al.* (2002) os menores espaçamentos produzem árvores com diâmetros reduzidos, em função da maior competição entre as plantas pelos recursos disponíveis no meio. Entretanto, algumas destas diferenças são significativas apenas nos períodos iniciais de produção. Podendo ser anuladas com o passar do tempo, quando as árvores mais espaçadas utilizam completamente os recursos naturais disponíveis, resultado em uma produção equivalente em todos os espaçamentos.

De acordo com Gomes *et al.* (2005), a escolha de um espaçamento adequado pode proporcionar para cada organismo, o máximo crescimento com a melhor qualidade e o menor custo. O ótimo espaçamento deve resultar em maior produtividade, melhor forma e qualidade desejável, considerando fatores como a função do sítio, da espécie e do potencial do material genético utilizado.

Inúmeros estudos foram desenvolvidos para determinar estes fatores com diversas espécies florestais (BALLONI e SIMÕES, 1980; LELES *et al.*, 2001; BERGER *et al.*, 2002; RONDON, 2002; SILVA, 2005). Segundo Balloni e Simões (1980), os principais fatores que influenciam nos aspectos silviculturais correlacionados com o espaçamento, estão na determinação dos parâmetros convencionais (DAP – diâmetro a altura do peito, Ht – altura total; índice de sobrevivência), no volume útil, no fator de forma, na qualidade da madeira, na idade de corte, na qualidade do “sítio”, na espécie utilizada e nas práticas silviculturais aplicadas.

Soratto *et al.* (2011), em um experimento em que foram avaliados o desenvolvimento da mamoneira em relação ao espaçamento e à densidade populacional, observaram que com o aumento da população de plantas, independente do espaçamento entre fileiras, houve redução na sobrevivência, no diâmetro do caule, no número de racemos por planta e no número de frutos por racemo. 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 e ao estiolamento.

Rondon (2002), em estudo para avaliar a influência de diferentes espaçamentos na produção de biomassa e crescimento de árvores de *Schizolobium amazonicum* (Huber) Ducke, constatou que, o aumento da densidade populacional promoveu uma redução na altura e no diâmetro destas plantas. Este trabalho demonstrou que os espaçamentos 4x3 m e 4x4 m proporcionaram maiores crescimentos. A distribuição da biomassa das árvores nestes espaçamentos foi em média 77% para o tronco, seguido de 16% e 7% para folhas e galhos, respectivamente.

Para o plantio e produção de pinhão-mansão existe a necessidade do conhecimento do comportamento da planta, frente às condições edafoclimáticas. Achten *et al.* (2008) encontraram diferentes densidades em plantios comerciais com *J. curcas*, com populações variáveis de 1100 a 2500 plantas por hectare. Entretanto, como a produção está diretamente relacionada com a planta individual, maiores espaçamentos podem diminuir a produção total.

Conforme reportado por Brittain e Litaladio (2010), o plantio de pinhão-mansão em regiões de semi-árido deve utilizar espaçamentos maiores, tais como 3,0 x 2,0; 3,0 x 2,5 ou 3,0 x 3,0 metros, dessa forma irá minimizar a competição por luz ou o sombreamento mútuo. A decisão sobre um espaçamento maior pode assegurar maior facilidade e acesso para a colheita de frutos.

2.4 Delineamento sistemático *Nelder Plots*

O uso de modelos compactos para a implantação de culturas pode apresentar alguns benefícios como a economia de espaço, de plantas e de tempo. Há a

possibilidade de produção de frutos de pinhão-mansô em menores espaços físicos, tornando viável e otimizada uma determinada cultura.

Testar um número maior de tratamentos requer uma área experimental tão grande que certamente não se conseguiria garantir a homogeneidade entre os blocos, aumentando o erro experimental e camuflando a comparação entre os tratamentos (ODA, 2005).

Redmond, Gerhardt e Siúrtáin (2008), discutiram o modelo proposto pelo britânico estatístico *John Ashworth Nelder*. Neste trabalho, os autores confirmaram a versatilidade dos delineamentos experimentais sistemáticos (*Plots*), que podem apresentar bons resultados com diferentes espécies em uma análise estatística não convencional, baseada em modelos de atribuição aleatória dos tratamentos. Estes *Plots* podem ser aplicados em grandes áreas de cultivo, entretanto, ajustam-se adequadamente aos pequenos terrenos experimentais. De acordo com Pearce (*apud* Teixeira, 2001), apesar da importância da aleatorização, há casos em que ela é impraticável ou não adequada, como é no caso do modelo proposto.

O desenho proposto por Nelder (1962) foi desenvolvido por Redmond, Gerhardt e Siúrtáin (2008), como um experimento compacto que foi ajustado para o cultivo de vegetais no centro de pesquisas agrícolas *Rothamsted* no Reino Unido. Com a espécie definida, o experimento foi montado em parcelas de espaços crescentes a partir do centro e de forma sistemática em todo o ensaio.

Parrott, Brinks e Lhotka (2011), caracterizaram estes sistemas, como um desenho experimental formado por arcos concêntricos que irradia para fora, com raios ligando o centro. Nas interseções de raios e arcos, uma planta é instalada e naturalmente vão se formando as densidades em todo o comprimento dos raios, dentro de um único lote eliminando a necessidade de separar as parcelas e constituí-las de forma independente. Neste caso, é possível superar problemas com as restrições de espaço e com material vegetal (Figura 1). Segundo Oda-Souza *et al.* (2008) além de permitir avaliar o maior número de espaçamentos possíveis, os delineamentos sistemáticos também se destacam pela sua compacidade, necessitando de pequenas áreas experimentais que facilitam o manejo e a abrangência.

Slyke (*apud* REDMOND, GERHARDT e SIÚRTÁIN, 2008) propôs uma interação entre os organismos para que se obtivesse o efeito sobre os tratamentos. O espaçamento entre uma planta e outra é predeterminado pelo espaçamento dos

indivíduos vizinhos, que pode ser superado por uma criteriosa seleção homogênea na área experimental, o que é confirmado pela avaliação das características do vegetal. As comparações dessas medições demonstraram que, se houver qualquer diferença, estas não foram influenciadas pelos arcos.

Oda-Souza *et al.* (2008) realizaram um experimento para avaliar os métodos geoestatísticos e a existência da dependência em modelos sistemáticos tipo leque em *Eucalyptus Dunnii*. Foi verificado que a incorporação da estrutura de dependência espacial proposta nestes modelos, pode recuperar a capacidade de se fazer inferências válidas na ausência de aleatorização, permitindo contornar problemas operacionais, garantindo que os dados possam ser submetidos a uma análise clássica.

Diggle, Tawn e Moyeed (1998) descrevem que o modelo especificado inclui explicitamente uma estrutura de dependência geoestatística. Já Stape (1995), sugere o uso de modelos de regressão para análise desses delineamentos, tendo como variável dependente alguma variável mensurada, e como independente a densidade de plantas.

A desvantagem acerca do modelo proposto é o efeito de variação, que a morte de plantas pode causar nos resultados (PARROTT, BRINKS e LHOTKA, 2011). Uma alternativa é manter o cultivo e a sobrevivência de mudas, para eventuais e necessárias reposições.

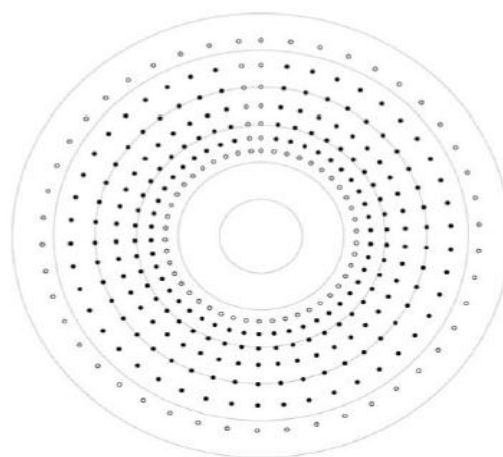


Figura 1: Representação do modelo compacto experimental proposto por Nelder. A forma e a distância se mantêm fixas. Arcos concêntricos ilustram a distância radial a partir do centro, em intervalos regulares.

Fonte: PARROTT, BRINKS e LHOTKA, 2011.

3 OBJETIVOS

Dentro da proposta deste trabalho os objetivos baseiam-se em:

- Avaliar o desenvolvimento de *J. curcas* em função da área útil por planta;
- Avaliar o desenvolvimento de *J. curcas* em razão das diferentes procedências;
- Avaliar o desempenho de *J. curcas* nos diferentes sistemas de cultivo.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido no período outubro de 2009 a julho de 2011, no Distrito de Dois Irmãos, Município de Toledo, PR, em área rural de 36.000 m², nas coordenadas geográficas de 24° 62' 07" latitude Sul e 53° 90' 58" longitude Oeste, a 560 metros de altitude (Figura 2).

O clima, segundo classificação de Köppen, é do tipo CFA, caracterizado como subtropical úmido mesotérmico: verões quentes, geadas menos frequentes, e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão. A estação seca não é definida, com precipitação média anual de 1.500 mm e umidade média anual de 80%. A temperatura média anual é de 21 °C, sendo a máxima de 28 °C e a mínima de 15 °C.

As informações referentes aos dados climáticos durante o período de avaliação do experimento foram disponibilizadas pelo SIMEPAR – Sistema Meteorológico do Paraná (2012) e estão apresentados na figura 3.

O solo predominante é classificado como Latossolo Vermelho eutroférico, com saturação por bases altas ($V \geq 50\%$) e teores de Fe_2O_3 de 18% a < 36% na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B, conforme o sistema brasileiro de classificação de solos da EMBRAPA (2006). Em razão da instalação do experimento, realizou-se análise química obtida por meio de amostra simples na profundidade de 0-20, encaminhadas para análise e apresentaram os seguintes resultados: Matéria Orgânica – MO = 32,13 (g dm⁻³); Saturação de Bases – V = 77,61%; pH – Cloreto de Cálcio = 5,80 (0,01 mol L⁻¹); Capacidade de Troca Catiônica – CTC = 16,50; Fósforo – P = 12,20 (mg dm⁻³); Potássio – K = 0,89 (cmol_c dm⁻³); Carbono – C = 16,95 (g dm⁻³); Cálcio – Ca 8,60 (cmol_c dm⁻³); Magnésio – Mg 3,23 (cmol_c dm⁻³); Acidez Potencial – H+Al = 5,02 (cmol_c dm⁻³); Alumínio – Al = 0,00 (cmol_c dm⁻³); Cobre – Cu = 36,66 (mg dm⁻³); Zinco – Zn = 17,37 (mg dm⁻³); Ferro – Fe 48,00 (mg dm⁻³); Manganês – Mn 311,00 (mg dm⁻³).



Figura 2: Campo experimental em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR.
 Fonte: GOOGLE EARTH (2012).
 7896342413096

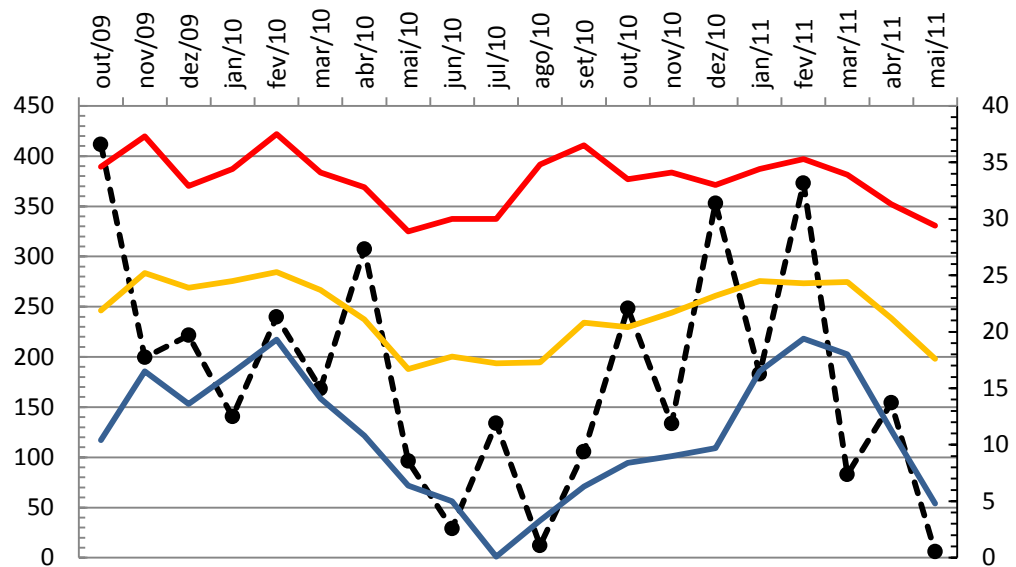


Figura 3: Temperatura e precipitação de outubro 2009 a maio 2011 no Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR.
 Fonte: SIMEPAR (2012).

4.2 Produção de mudas

A produção de mudas contou previamente com testes de germinação e emergência de sementes, em função da morfometria e do tipo de ambiente. Para tanto, foram utilizadas sementes de *J. curcas* classificadas como grandes (massa média de 0,74 mg), denominadas quanto ao local de origem. As três procedências foram: Dourados – Mato Grosso do Sul (DOU), Janaúba – Minas Gerais (JAN) e Petrolina – Pernambuco (PET).

No Laboratório de Tecnologia de Sementes e Mudas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *campus* de Marechal Cândido Rondon, as sementes foram sanitizadas em solução de hipoclorito de sódio com 2% de cloro ativo durante três minutos, seguido de lavagem em água destilada (cinco vezes) para retirada do excesso de cloro. Posteriormente, foi feito a semeadura direta em tubetes de 120 cm³, preenchidos com substrato comercial (Plantmax[®]), com irrigação diária, próxima da capacidade de saturação do substrato – e mantidos em ambiente casa de vegetação com 50% de sombreamento, por um período de 60 dias.

4.3 Instalação do experimento

A área escolhida para instalação do experimento, nos anos de 2008 e 2009 foi utilizada para a produção de soja, de milho e de trigo em sistema de plantio direto. Previamente ao transplante das mudas, foi realizada gradagem, para melhorar as condições de manejo e de aeração do solo.

Para a implantação do experimento foi utilizada a metodologia proposta por Nelder (1962). Cada *plot* utilizou uma área de 314,16 metros quadrados, formado por vinte metros de diâmetro, com oito raios espaçados a 45 graus entre si. As mudas foram implantadas a distâncias regulares de 2 metros a partir do centro, o que resultou diferentes densidades. As áreas úteis por planta foram 1,57; 4,71; 7,85; 11,00 e 14,50 m² planta⁻¹ (Figura 4).

O experimento foi implantado em delineamento sistemático, em esquema fatorial 3 x 4 x 5, com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por três procedências (DOU, JAN, PET), distribuídas em quatro sistemas de cultivo (TES,

SOL, CCA, CPH) e cada uma delas com cinco áreas úteis (1,57; 4,71; 7,85; 11,00 e 14,50 m² planta⁻¹). Os sistemas de cultivo estão descritos a seguir e representados na figura 5:

- TES – Testemunha: Nos três primeiros meses e com intervalos regulares de 30 dias, foi realizado o coroamento de 40 cm na base de cada planta. Posteriormente, obedecendo às condições naturais de mato-competição, foram realizadas apenas roçadas semestrais em todos os *plots*, desta condução.
- SOL – Cultivo Solteiro: No período pós-plantio, em intervalos regulares de 30 dias, foram realizadas capinas e catação manual das plantas daninhas, para fosse possível manter neste sistema, apenas as condições de competição intraespecífica;
- CCA – Consórcio de Culturas Agronômicas: Obedecendo aos períodos de cultivo de época, foram realizados consórcios de pinhão-manso com soja (BRS 232), milho híbrido (30P70H safrinha/verão) e aveia (obtida no comércio local). Realizou-se plantio direto, com auxílio de máquina manual. No início do período de maturação, essas culturas foram roçadas e serviram de base para cobertura do solo.
 - Soja: média de 14 plantas por metro linear e entrelinhas de 40 cm (período de plantio – safra 2010).
 - Milho: média de 4 plantas por metro linear e entrelinhas de 50 cm (período de plantio – safra verão 2010).
 - Aveia: média de 50 kg/ha e entrelinhas de 40 cm (período de plantio – safras inverno 2010 e 2011).
- CPH – Consórcio Permanente com Herbácea: o plantio da Tifton-85 foi realizado aos 180 DAT (dias após o transplante do pinhão-manso), por meio de mudas em ramas obtidas na Fazenda Experimental do Núcleo de Estações Experimentais da UNIOESTE. Após o período de 90 dias do plantio da herbácea, foram realizadas roçadas semestrais para controle e para que não houvesse “sufocamento” das plantas de pinhão-manso.

Independente dos sistemas de cultivo, as formigas cortadeiras foram controladas com a utilização de iscas formicidas (MIREX-S MAX[®]) à base de sulfluramida, na dosagem de 10 gramas de iscas/formigueiro (50% diretamente no formigueiro e 50% espalhadas em um raio de 4 metros dispostas diretamente na trilha

das formigas). As aplicações foram realizadas em dias com sol, seguindo as orientações do fabricante. Não houve periodicidade na aplicação das iscas, quando da reincidência das formigas cortadeiras.

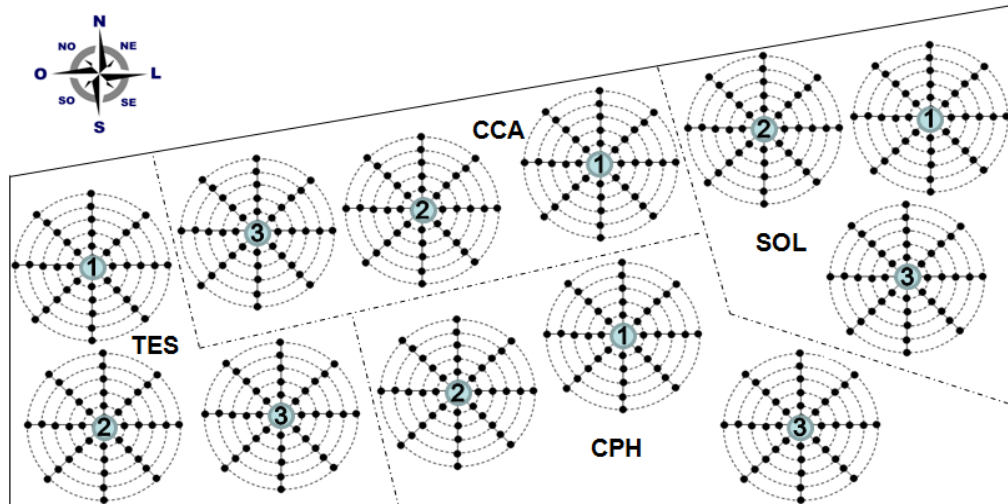


Figura 4 – Croqui de instalação do experimento em delineamento sistemático *Nelder Plots*. (TES – Testemunha; SOL – Cultivo Solteiro; CCA – Consórcio Culturas Agronômicas; CPH – Consórcio Permanente Herbácea; 1 DOU – Procedência Dourados; 2 JAN – Procedência Janaúba; 3 PET – Procedência Petrolina), cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR.

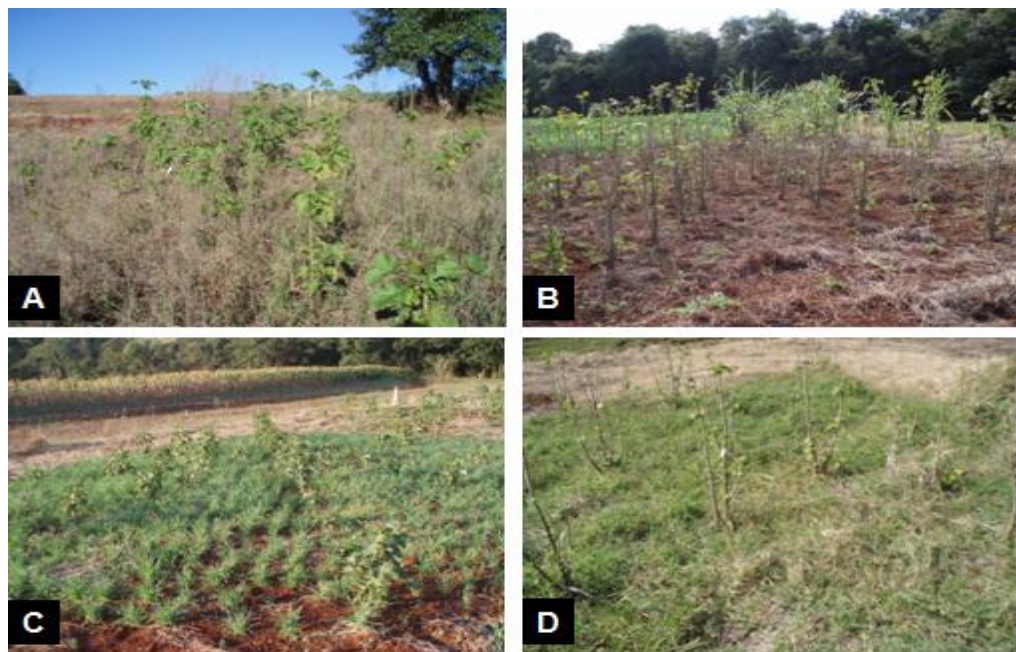


Figura 5 – Experimento com *J. curcas* em delineamento sistemático *Nelder Plots*. (A – Testemunha; B – Cultivo Solteiro; C – Consórcio Cultura Agronômica; D – Consórcio Permanente Herbácea) em janeiro de 2011. Área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR.

4.4 Procedimentos de avaliação

Para a avaliação do desenvolvimento vegetal de *J. curcas*, os dados foram obtidos aos 540 DAT. Foram avaliadas a altura total da planta (Ht) considerando-se a base do colo até a inserção da última folha – com auxílio régua milimétrica; diâmetro da base do colo (Db) a partir da mensuração na base do colo, sendo utilizada a média de duas medidas em direções fixas – com paquímetro digital; diâmetro da copa (Dc) – mensurado com régua milimétrica em dois raios da copa, em direções fixas, considerando-se diâmetro de copa a média da área abrangente pelas folhas da planta; número de folhas (Nf); número de ramos (Nr), número de frutos (Nfr) e índice SPAD (Id) – com auxílio do clorofilômetro portátil SPAD-502® foi obtido pela leitura em cinco folhas médias por planta, nas quais foram realizadas três leituras em cada. Priorizou-se a utilização de folhas situadas na altura média das plantas (Figura 6).



Figura 6 – Experimento com *J. curcas* em delineamento sistemático *Nelder Plots*. A – implantação das mudas; B – mensuração da altura total da planta; C – obtenção do teor de clorofila com auxílio do SPAD; D – uso do paquímetro digital para obtenção do diâmetro do coleto em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR.

4.5 Métodos estatísticos

Para análise estatística dos dados foram utilizados os testes de *Bartlett* para normalidade da distribuição dos resíduos e, o teste de *Kolmogorov-Smirnov* (KS) para homocedasticidade entre as variâncias. Como essas duas pressuposições foram atendidas, para todas as variáveis analisadas foi aplicada a ANOVA (Análise de Variância), seguida pelo teste *Tukey* a 5% de probabilidade, baseado na amplitude total estudentizada (PIMENTEL-GOMES E GARCIA, 2002) com auxílio do software SAS - *Statistical Analysis System* 8.2 (SAS, 2001).

Para efeito de densidade, os dados quantitativos foram submetidos à análise de regressão polinomial ao nível de 5% de probabilidade, para ajuste das equações.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Resumo da Análise de Variância - ANOVA

O resultado para a análise de variância dos fatores isolados (procedência, sistemas de cultivo e área útil por planta) demonstrou efeito significativo ($p < 0,01$) para a maioria das variáveis analisadas e suas médias estão expressas nas tabelas 1, 2 e 3, respectivamente. Entretanto, Pimentel-Gomes e Garcia (2002) orientam que, a análise dos dados seja feita por meio das interações significativas para que as conclusões possam ser mais amplas e gerais.

O número de frutos foi descartado da avaliação, pois a produção foi de apenas 0,08 frutos/planta. A baixa produtividade pode ser justificada em função dos ventos fortes e das chuvas frequentes que ocorreram no local do experimento. Para Biodiesel BR (2012), o nível de produtividade do pinhão-manso é bastante afetado pela distribuição irregular de chuvas ou mesmo pela ação prolongada de ventos na época da floração.

Houve interação significativa ($p < 0,01$) entre fatores procedência das sementes x área útil por planta x sistemas de cultivo, para todas as variáveis, exceto para a variável número de ramos, em que foi possível observar apenas interação entre cultivo x procedência. Para a variável Índice SPAD, a análise de variância apresentou interação significativa ($p < 0,05$) entre os três fatores e interação significativa ($p < 0,01$) para sistemas de cultivo x procedência (Tabela 4).

Tabela 1 – Valores médios para Altura Total da Planta (Ht), Diâmetro da Base do Colo (Db), Diâmetro da Copa (Dc), Número de Folhas (Nf), Número de Ramos (Nr) e Índice SPAD (Is) em plantas de *J. curcas* em função das procedências: Dourados (DOU), Janaúba (JAN) e Petrolina (PET), aos 540 DAT cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR.

PROCEDÊNCIA	Ht	Db	Dc	Nf	Nr	Is
DOU	11273,88 a	57,99 a	672,00 a	32,48 a	4,78 a	30,65 b
JAN	969,63 b	47,18 c	558,38 c	23,50 c	3,99 b	29,72 b
PET	1228,50 a	53,71 b	604,63 b	30,01 b	4,06 b	33,78 a
C.V. (%)	11,03	9,08	8,28	18,42	43,20	17,96
D.M.S.	47,71	1,80	18,93	1,97	0,69	2,11

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação; D.M.S.: diferença mínima significativa.

Tabela 2 – Valores médios para Altura Total da Planta (Ht), Diâmetro da Base do Colo (Db), Diâmetro da Copa (Dc), Número de Folhas (Nf), Número de Ramos (Nr) e Índice SPAD (Is) em plantas de *J. curcas* em função dos sistemas de cultivo Testemunha (TES); Cultivo Solteiro (SOL); Consórcio Culturas Agronômicas (CCA); Consórcio Permanente Herbácea (CPH), aos 540 DAT cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR.

SISTEMA DE CULTIVO	Ht	Db	Dc	Nf	Nr	Is
TES	840,17 d	40,20 d	492,67 d	32,52 b	1,67 c	33,63 b
SOL	1597,50 a	63,83 a	703,50 a	20,80 d	7,15 a	29,79 b
CCA	1150,83 b	57,02 b	668,17 b	35,25 a	4,35 b	32,48 a
CPH	1040,83 c	50,78 c	582,33 c	26,05 c	3,93 b	29,63 b
C.V. (%)	11,03	9,08	8,28	18,42	43,20	17,96
D.M.S.	60,45	2,28	23,99	2,50	0,87	2,67

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação; D.M.S.: diferença mínima significativa.

Tabela 3 – Valores médios para Altura Total da Planta (Ht), Diâmetro da Base do Colo (Db), Diâmetro da Copa (Dc), Número de Folhas (Nf), Número de Ramos (Nr) e Índice SPAD (Is) em plantas de *J. curcas* em função da área útil (1,57; 4,71; 7,85; 11,00 e 14,50 m² planta⁻¹), aos 540 DAT cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR.

ÁREA ÚTIL (m ² planta ⁻¹)	Ht	Db	Dc	Nf	Nr	Is
1,57	953,13 c	48,40 d	550,83 d	19,94 d	3,54 c	30,05 a
4,71	1176,46 b	53,00 bc	587,71 c	26,27 c	3,79 c	30,78 a
7,85	1207,92 ab	51,85 c	622,92 b	30,38 b	3,96 bc	31,53 a
11,00	1260,83 a	54,77 ab	679,38 a	34,75 a	4,88 ab	32,84 a
14,50	1188,33 b	56,77 a	657,50 a	31,94 ab	5,21 a	31,72 a
C.V. (%)	11,03	9,08	8,28	18,42	43,20	17,96
D.M.S.	71,82	2,70	28,51	2,97	1,04	3,17

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação; D.M.S.: diferença mínima significativa.

Tabela 4 – Análise de Variância para Altura Total da Planta (Ht), Diâmetro da Base do Colo (Db), Diâmetro da Copa (Dc), Número de Folhas (Nf), Número de Ramos (Nr) e Índice SPAD (Is) em plantas de *J. curcas* em função do sistema de cultivo, da procedência e da área útil por planta, aos 540 DAT cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR.

Fontes de Variação	QM						
	GL	Ht	Db	Dc	Nf	Nr	Is
Cultivo (C)	3	6159117,78**	6044,83**	532941,11**	2537,87**	303,83**	237,10**
Procedência (P)	2	2155242,92**	2372,33**	261187,92**	1712,75**	15,11*	361,09**
Densidade (D)	4	675584,79**	478,29**	210636,46**	1590,74**	25,23**	52,83 ^{ns}
(C) x (P)	6	798985,69**	1519,57**	314367,36**	3393,04**	13,27**	136,41**
(C) x (D)	12	60368,13**	113,06**	14183,13**	118,92**	2,89 ^{ns}	28,18 ^{ns}
(P) x (D)	8	85419,48**	92,31**	57720,21**	287,22**	1,74 ^{ns}	43,64 ^{ns}
(C) x (D) x (P)	24	78401,15**	47,17**	20490,63**	133,73**	1,54 ^{ns}	54,09*
Resíduo	177	16287,51	23,10	2566,16	27,85	3,41	31,78
C.V. (%)		11,03	9,08	8,28	18,42	43,20	17,96

(**) Significativo à 1%; (*) Significativo à 5%; (NS) Não Significativo.

5.2 Altura total da planta

Houve diferença significativa ($P<0,01$) na interação entre procedência, área útil, e sistema de cultivo.

O sistema SOL apresentou valores médios maiores ou iguais aos demais, independentemente da procedência e da área útil disponível por planta (Tabelas 5, 6 e Figuras 7, 8). Este resultado indica que as plantas submetidas a esta condição experimental não foram afetadas pela competição intra e interespecífica durante o período de avaliação. Staut *et al.* (2011) encontraram respostas similares, ao avaliar por um período de 390 dias plantas de *J. curcas* em sistemas de mato-competição e sistemas de cultivo solteiro. Durante o período de avaliação, plantas submetidas à competição aumentaram 68 cm em altura, enquanto plantas livres de competição aumentaram 145 cm. Silva Neto *et al.* (2011) não encontraram diferença significativa ao testar dez formas de manejo consorciado e um cultivo solteiro de pinhão-manso. Os autores relatam que durante o período de avaliação (safra 2008 e 2010), variáveis como altura de plantas, diâmetro da copa, diâmetro do caule e número de galhos não sofreram influência dos consórcios.

Por outro lado, o sistema de cultivo TES apresentou médias menores independentemente da procedência e da área útil disponível, exceto para a procedência PET no sistema de cultivo CPH que apresentou valores menores ao referenciado.

Franco e Gabriel (2008) afirmaram que o pinhão-manso não tolera a mato-competição na fase inicial da cultura, e que sofre interferência das plantas daninhas que prejudicam a produtividade. Para Feitosa *et al.* (2009), a interferência de plantas daninhas no cultivo de *J. curcas* pode causar grandes prejuízos na cultura com perdas aproximadas de 30%, sendo um importante fator de controle no desenvolvimento e na produção.

Em relação ao desdobramento das áreas úteis dentro de cada sistema de cultivo e da procedência, foi possível observar que, independentemente das interações, as plantas de *J. curcas* apresentaram maior crescimento em altura, com o aumento da área útil. Neste sentido, o sistema CCA em todas as procedências apresentou os maiores valores. Provavelmente tal condição foi induzida pelas características do sistema de cultivo com rotação das culturas de soja, milho e aveia. Ao submeter o desenvolvimento de *J. curcas* ao consórcio com culturas

agronômicas, pode-se observar a variação em altura da planta em resposta à competição (estiolamento). Entretanto, esse resultado pode estar relacionado com a ciclagem e a disponibilidade de nutrientes fornecidos pelo sistema CCA. Devido, Castro e Rodrigues Jr. (2010) afirmaram que as culturas de cobertura não proporcionaram melhores rendimentos do pinhão-manso, porém, apontaram quantidades suficientes de nutrientes para manter seu bom desenvolvimento.

Por outro lado, o sistema de cultivo SOL da procedência DOU foi aquela que apresentou a maior sensibilidade a variação em altura, quando a área útil foi superior a $7,85 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$. Provavelmente tal resultado está ligado ao fato do mesmo conter maior competição intraespecífica, o que prejudica o desenvolvimento das plantas. Os mesmos resultados foram observados para a procedência JAN. Esta procedência também apresentou para o sistema de cultivo CPH uma resposta quadrática, tendo um aumento até a área útil de $7,85 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$. Para a procedência PET, a condição de cultivo para a altura das plantas foi o sistema SOL tendo os maiores valores nos maiores espaçamentos. Observa-se que esta procedência não apresentou sensibilidade ao aumento do espaçamento.

Silva *et al.* (2011) avaliaram a altura de plantas de pinhão-manso aos 5, 20 e 30 meses após o plantio das sementes, em oito espaçamentos diferentes. Os autores encontraram plantas com maior altura no espaçamento 3x1 e menores para o espaçamento 4x4 e 4x5, respectivamente. Neste trabalho foi concluído que, tais resultados indicam a competição entre as plantas de pinhão-manso nos espaçamentos mais adensados, caracterizando o estiolamento e as maiores alturas nas plantas. A mesma situação não encontrada nas condições de cultivo do presente trabalho.

A área útil de $11 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$ proporcionou o maior crescimento dentro dos sistemas TES, SOL, CCA e CPH nas procedências JAN e PET. Na procedência DOU, a área útil de $4,71 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$ foi efetiva para promoção do crescimento em altura. Valores similares foram encontrados por Müller *et al.* (2012) avaliando o desempenho inicial de pinhão-manso em sistema silvipastoril. No trabalho, os autores acima citados testaram cinco espaçamentos em consórcio e um espaçamento em monocultivo. Não houve diferença estatística para os espaçamentos ou sistemas de cultivo. Entretanto, em cultivos mais adensados (3x2m) o desenvolvimento em altura foi menor do que aqueles em cultivos mais espaçados.

Tabela 5 – Altura total de plantas (mm) de *J. curcas* em diferentes áreas para o plantio em função dos sistemas de cultivo Testemunha (TES); Cultivo Solteiro (SOL); Consórcio Culturas Agronômicas (CCA); Consórcio Permanente Herbácea (CPH), aos 540 DAT cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR.

Sistema de Cultivo	Área Útil (m ² planta ⁻¹)						
	1,57	4,71	7,85	11,00	14,50	Li	Ls
PROCEDÊNCIA – DOU							
TES	967,50 b	975,00 b	1140,00 a	1302,50 a	805,00 c	590,00	1510,00
SOL	1640,00 a	1825,00 a	1665,00 a	1302,50 a	1615,00 a	1150,00	1960,00
CCA	1030,00 b	1195,00 b	1265,00 bc	1292,50 a	1300,00 b	950,00	1420,00
CPH	900,00 b	1185,00 b	1387,00 b	1445,00 a	1240,00 b	860,00	1700,00
PROCEDÊNCIA – JAN							
TES	385,00 c	377,50 c	400,00 b	440,00 c	490,00 c	310,00	580,00
SOL	1197,00 a	1297,50 a	1365,00 a	1430,00 a	1395,00 a	1000,00	1700,00
CCA	772,50 b	965,00 b	1187,50 a	1290,00 a	1327,50 a	670,00	1420,00
CPH	860,00 b	1072,50 ab	1150,00 a	1007,50 b	942,50 b	730,00	1210,00
PROCEDÊNCIA – PET							
TES	790,00 b	1187,50 b	1027,50 bc	1215,00 b	1060,00 c	650,00	1450,00
SOL	1375,50 a	1955,00 a	1937,50 a	2122,50 a	1837,50 a	1280,00	2540,00
CCA	810,00 b	1182,50 b	1130,00 b	1185,00 b	1330,00 b	860,00	1720,00
CPH	707,5 b	900,00 c	800,00 c	1097,50 b	917,50 c	630,00	1200,00
CV (%)	11,03						
D.M.S.	213,00						

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação; D.M.S.: diferença mínima significativa. Li.: Limite inferior. Ls.: Limite superior

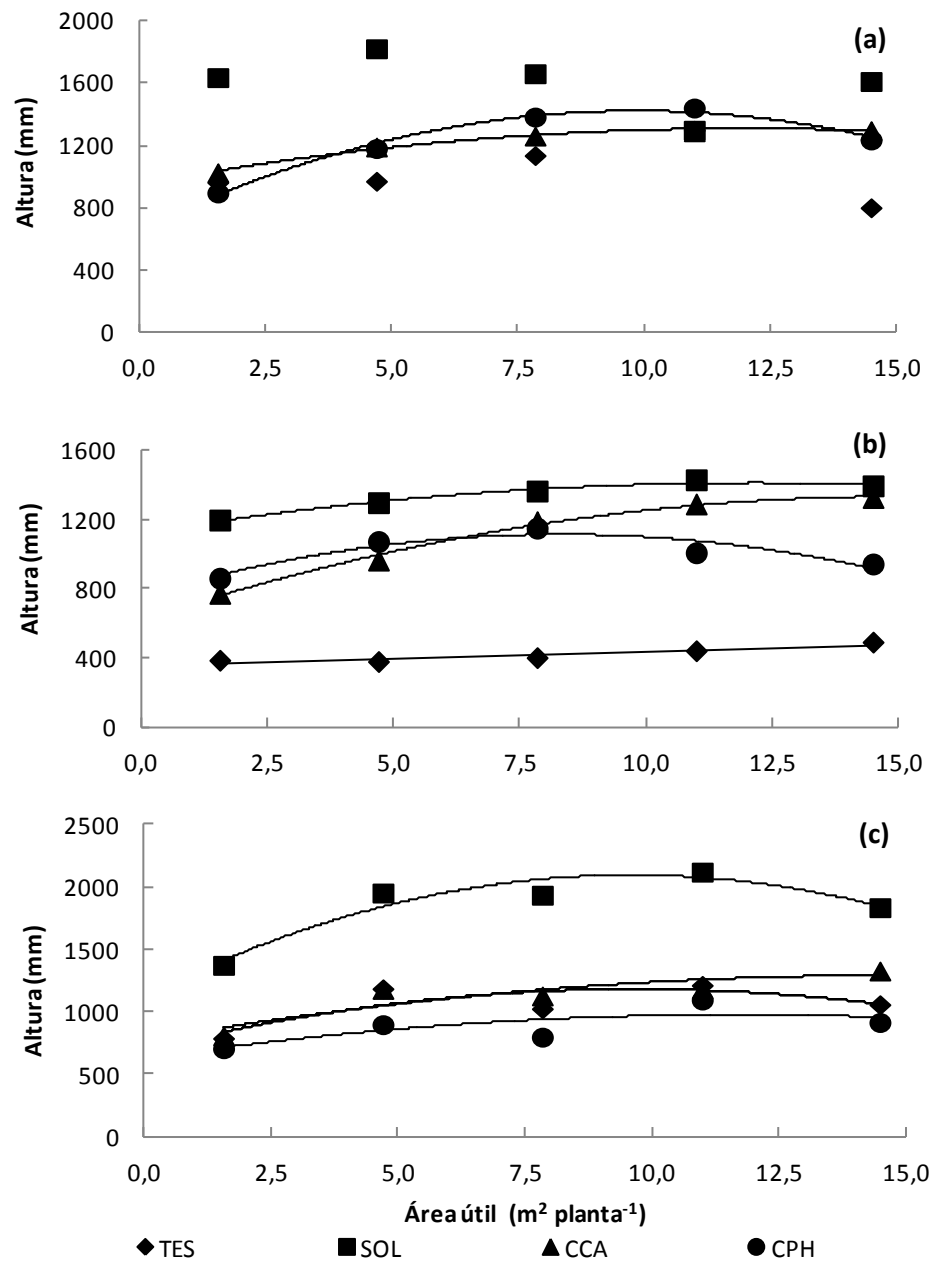


Figura 7 – Altura total de plantas (mm) de *J. curcas* produzidas a partir de sementes oriundas de (a) DOU (Dourados, MS); (b) JAN (Janaúba, MG) e (c) PET (Petrolina, PE), aos 540 DAT cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR. TES (testemunha); SOL (cultivo solteiro); CCA (consórcio com culturas agrônômicas); CPH (consórcio permanente com herbácea).

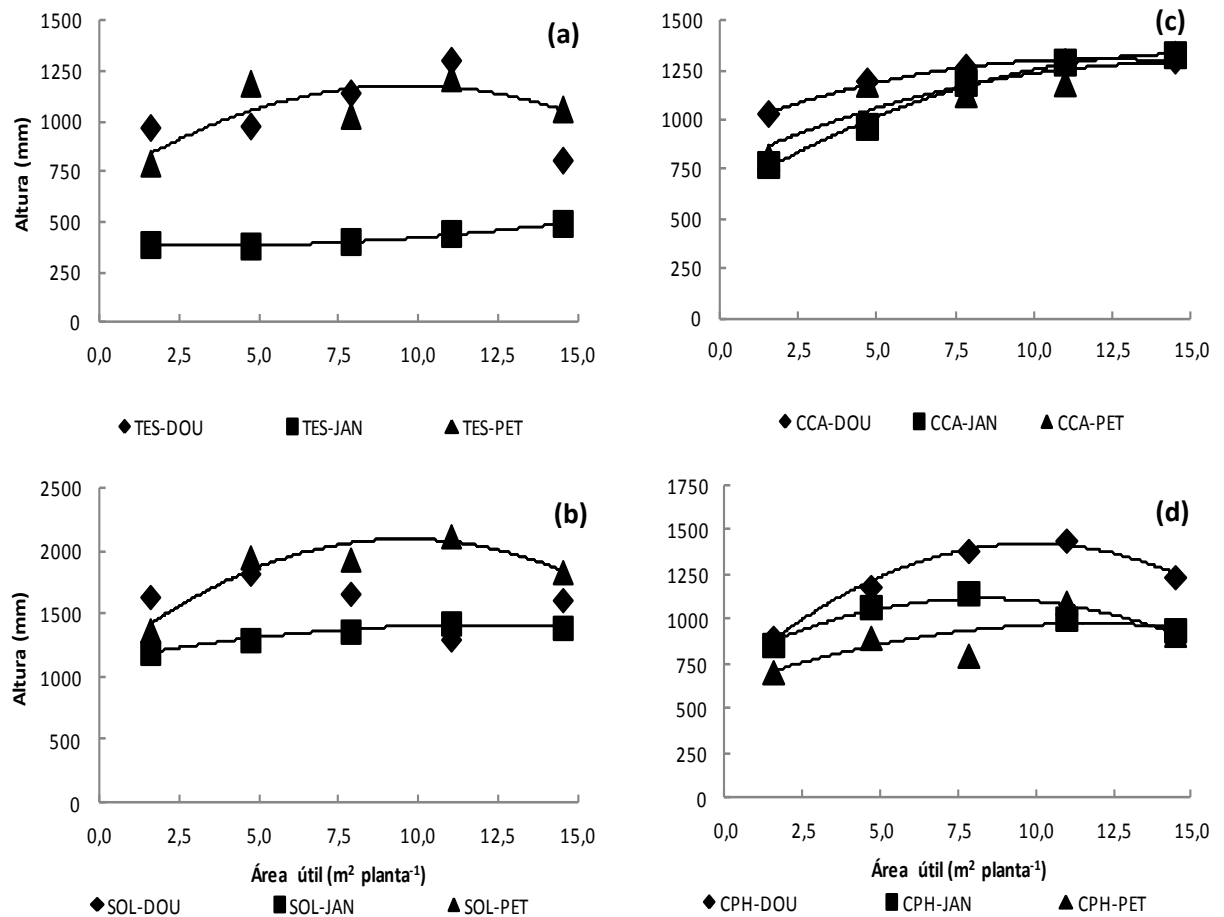


Figura 8 – Altura total de plantas (mm) de *J. curcas*, após 540 DAT cultivadas em diferentes sistemas de cultivo (a) TES (testemunha); (b) SOL (cultivo solteiro); (c) CCA (consórcio com culturas agrônômicas); (d) CPH (consórcio permanente com herbácea) cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR.

Tabela 6 – Ajustes de equações para Altura Total de plantas (mm) de *J. curcas*, na interação entre: área útil x procedência x sistema de cultivo. Aos 540 DAT, cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR. TES (testemunha); SOL (cultivo solteiro); CCA (consórcio com culturas agronômicas); CPH (consórcio permanente com herbácea); DOU (Dourados, MS); JAN (Janaúba, MG) e PET (Petrolina, PE).

PROCEDÊNCIA - DOU		
Sistema de Cultivo	Modelo Ajustado	R²
TES	$Y = Y$	
SOL	$Y = Y$	
CCA	$Y = -2,5028x^2 + 59,896x + 950,76$	0,99
CPH	$Y = -7,821x^2 + 154,32x + 661,35$	0,99
PROCEDÊNCIA - JAN		
TES	$Y = 0,8495x^2 - 5,1242x + 388,18$	0,99
SOL	$Y = -1,9617x^2 + 47,799x + 1121,9$	0,98
CCA	$Y = -3,1598x^2 + 95,168x + 618,05$	0,99
CPH	$Y = -5,1909x^2 + 86,255x + 756,31$	0,84
PROCEDÊNCIA - PET		
TES	$Y = -5,2255x^2 + 101,26x + 689,74$	0,64
SOL	$Y = -3,1598x^2 + 95,168x + 618,05$	0,99
CCA	$Y = -2,3915x^2 + 70,829x + 765,81$	0,79
CPH	$Y = -2,57x^2 + 60,202x + 621,94$	0,55

P < 0,05: para todos os modelos ajustados

5.3 Diâmetro da Copa

A análise de variância apresentou resposta significativa ($P < 0,01$) para a interação entre procedência, área útil, e sistema de cultivo para o diâmetro da copa de plantas de *J. curcas* desenvolvidas após 540 DAT (Tabela 7).

Contrariamente a esta resposta, Silva Neto *et al.* (2011), não encontraram diferenças significativas ao testar oito sistemas de cultivo distribuídos em um cultivo solteiro e sete consórcios com espécies perenes (estilosantes-campo-grande – *Stylosanthes spp.*; braquiária ruzizensis – *Brachiaria ruzizensis*; braquiária-ruzizensis + estilosantes-campo-grande; braquiária-humidicola – *Brachiaria humidicola*; capim-massai – *Panicum maximum* cv. Massai; guandu-anão – *Cajanus cajan*; crotalária – *Crotalaria spectabilis*) em espaçamento 3x2, com plantas adultas em um período de dois anos.

Ao analisar o desdobramento entre os sistemas de cultivo dentro de cada densidade e dentro de cada procedência, observa-se nas figuras 9 e 10 que para a procedência DOU o sistema de cultivo CCA apresentou médias maiores ou iguais aos sistemas em todos os espaçamentos testados exceto no de $1,57 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$ que apresentou o menor valor comparado aos sistemas de cultivo TES e SOL. Esse resultado indica que quando o adensamento for muito alto ($1,57 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$) as plantas podem sofrer tanto os efeitos da competição intraespecífica como os efeitos da competição interespecífica. Já em espaços maiores ($4,71$; $7,85$; $11,00$ e $14,50 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$) e com plantas consortes, que em altura são geralmente menores do que as plantas de pinhão-manso geral há melhores condições de desenvolvimento da estrutura da copa. Silva *et al.* (2011) ao avaliar o diâmetro de copa em plantas de pinhão-manso aos 5, 20 e 30 MAP (meses após o plantio) em oito espaçamentos encontraram resultados similares, entre a primeira e a terceira avaliações, sendo que os maiores espaçamentos testados (4x1, 4x2, 4x3, 4x4 e 4x5) obtiveram maiores diâmetros de copa. Segundo Silva *et al.* (2011), esta resposta deveu-se ao fato de que o maior espaçamento entre as linhas de semeadura permitiu a maior incidência de luz, estimulando o crescimento lateral das plantas.

No entanto, os menores incrementos em diâmetro de copa, nos dois espaçamentos com menor área útil foram observados para o sistema de cultivo

CPH. Para os demais espaçamentos, o menor desempenho foi observado para o sistema de cultivo SOL, exceto para o espaçamento $14,50 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$ onde não foram observadas diferenças estatísticas, entre os sistemas de cultivo.

Para a procedência JAN, os maiores valores obtidos foram para o sistema de cultivo CCA independentemente do espaçamento avaliado. Por outro lado, o sistema TES apresentou os menores valores para esta variável independentemente do espaçamento, demonstrando que esta procedência adapta-se melhor às condições de rotação de culturas.

Quando se avaliou a procedência PET, o sistema de cultivo que apresentou os maiores valores em diâmetro da copa de plantas de *J. curcas*, foram observados para o sistema de cultivo SOL independentemente do espaçamento. Já o sistema de cultivo CPH apresentou os menores valores médios para esta variável independentemente do espaçamento testado.

Em relação ao desdobramento das densidades populacionais dentro de cada sistema de cultivo x procedência, observa-se que na procedência DOU todos os sistemas de cultivo apresentaram estatisticamente comportamento similar. Foi observada resposta quadrática com os maiores valores entre as áreas úteis de 7,85 e $11,00 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$. Percebe-se que as plantas de *J. curcas* desta procedência não respondem ao aumento da área útil, provavelmente relacionado com o aumento ou a incidência de plantas oportunistas, fator a ser observado no manejo ou tratamentos culturais desta espécie.

As diferentes respostas entre as procedências podem ser explicadas em função das características de adaptabilidade às condições locais deste experimento. Plantas procedentes de Dourados (MS) apresentaram similaridade nos sistemas de cultivo, provavelmente por sua capacidade de “reconhecimento” das características edafoclimáticas, se comparadas à sua origem. No nordeste do Brasil, Drumond *et al.* (2011) testaram o desempenho de 15 procedências de *J. curcas* oriundas da região nordeste (Quixadá-CE; Petrolina-PE; Juazeiro-BA; Triunfo-PB), da região norte (N. Repartimento-PA), da região sudeste (Janaúba-MG) e de outros países (R. Dominicana, Paraguai, Tailândia, Tanzânia). Os resultados demonstraram que não houve efeito significativo para as variáveis: sobrevivência, altura da planta, diâmetro do caule e produtividade. Entretanto para a variável, número de bifurcações, o efeito foi significativo, com os melhores valores médios para as procedências da R. Dominicana>Paraguai>demais acessos. Observa-se que a procedência do

Paraguai, mesmo sendo de uma região com características edafoclimáticas diferentes de onde o experimento foi conduzido, obteve melhor resultado se comparadas com aquelas procedentes da região em tela.

Ao avaliar o comportamento do diâmetro da copa das plantas de pinhão-manso da procedência JAN notou-se que os sistemas de cultivo CCA e CPH apresentaram comportamento linear crescente em relação ao aumento do espaçamento. Já para o sistema de cultivo SOL foi um comportamento quadrático segundo equação. Os valores médios para esta variável, procedência PET apresentaram comportamento linear crescente para os sistemas de cultivo TES, SOL e CPH. O mesmo não foi observado para o sistema CCA que apresentou comportamento quadrático com os maiores valores entre 7,00 e 12,00 m² planta⁻¹ conforme equação (Tabela 8).

Não foi observado similaridade na morfometria do crescimento, para as três procedências, em relação ao sistema de cultivo TES quando avaliado em relação aos diferentes espaçamentos. Cada procedência respondeu de uma forma, tendo comportamento crescente linear para a procedência PET e JAN. No entanto, a procedência JAN apresentou os menores valores médios. Já a procedência DOU apresentou uma resposta quadrática. Para Mello (2009), essa variação pode ser explicada devido a variabilidade genética das procedências de pinhão-manso testadas, considerando-se que são plantas nativas que ainda não passaram por interferência antrópica, não tendo sido selecionados genótipos geneticamente superiores.

Estes resultados evidenciam o desempenho diferente de cada procedência, ressaltando a importância de avaliar tais comportamentos.

Tabela 7 – Diâmetro da Copa (mm) em plantas de *J. curcas* em diferentes áreas para o plantio em função dos sistemas de cultivo Testemunha (TES); Cultivo Solteiro (SOL); Consórcio Culturas Agronômicas (CCA); Consórcio Permanente Herbácea (CPH), aos 540 DAT, cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR.

Sistema de Cultivo	Área Útil (m ² planta ⁻¹)					Li	Ls
	1,57	4,71	7,85	11,00	14,50		
	PROCEDÊNCIA – DOU						
TES	655,00 a	555,00 b	585,00 c	747,50 ab	565,00 a	520,00	810,00
SOL	877,50 a	747,50 a	645,00 bc	657,50 b	645,00 a	590,00	960,00
CCA	622,50 b	725,00 a	745,00 a	755,00 a	640,00 a	580,00	830,00
CPH	487,50 c	617,50 b	720,00 ab	812,50 a	635,00 a	420,00	950,00
	PROCEDÊNCIA – JAN						
TES	117,50 c	257,50 c	382,50 c	340,00 c	450,00 c	90,00	490,00
SOL	420,00 b	532,50 b	555,00 b	670,00 b	670,00 b	390,00	770,00
CCA	627,70 a	675,00 a	687,50 a	847,50 a	735,00 a	590,00	920,00
CPH	445,00 b	547,50 b	682,50 a	720,00 b	800,00 a	400,00	870,00
	PROCEDÊNCIA – PET						
TES	430,00 b	517,50 bc	530,00 c	605,00 b	652,50 b	380,00	690,00
SOL	662,50 a	827,50 a	817,50 a	862,50 a	962,50 a	610,00	1020,00
CCA	402,50 b	582,50 b	680,00 b	657,50 b	640,00 b	380,00	730,00
CPH	337,50 b	467,50 c	445,00 c	477,50 c	495,00 c	350,00	540,00
CV (%)	8,28						
D.M.S.	84,70						

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação; D.M.S.: diferença mínima significativa. Li.: Limite inferior. Ls.: Limite superior

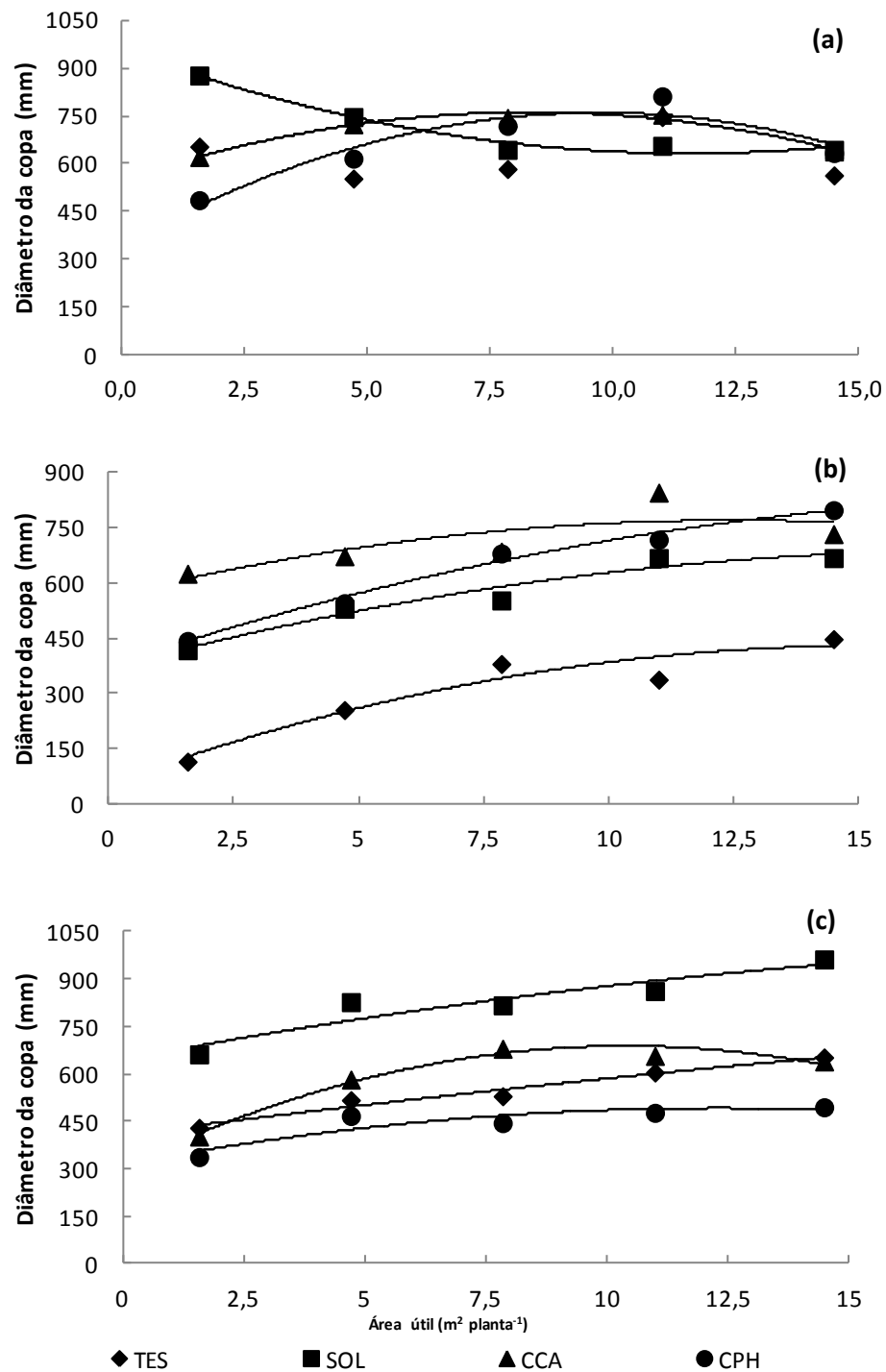


Figura 9 – Diâmetro da Copa (mm) em *J. curcas* produzidas a partir de sementes oriundas de (a) DOU (Dourados, MS); (b) JAN (Janaúba, MG) e (c) PET (Petrolina, PE), aos 540 DAT, cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR. TES (testemunha); SOL (cultivo solteiro); CCA (consórcio com culturas agrônômicas); CPH (consórcio permanente com herbácea).

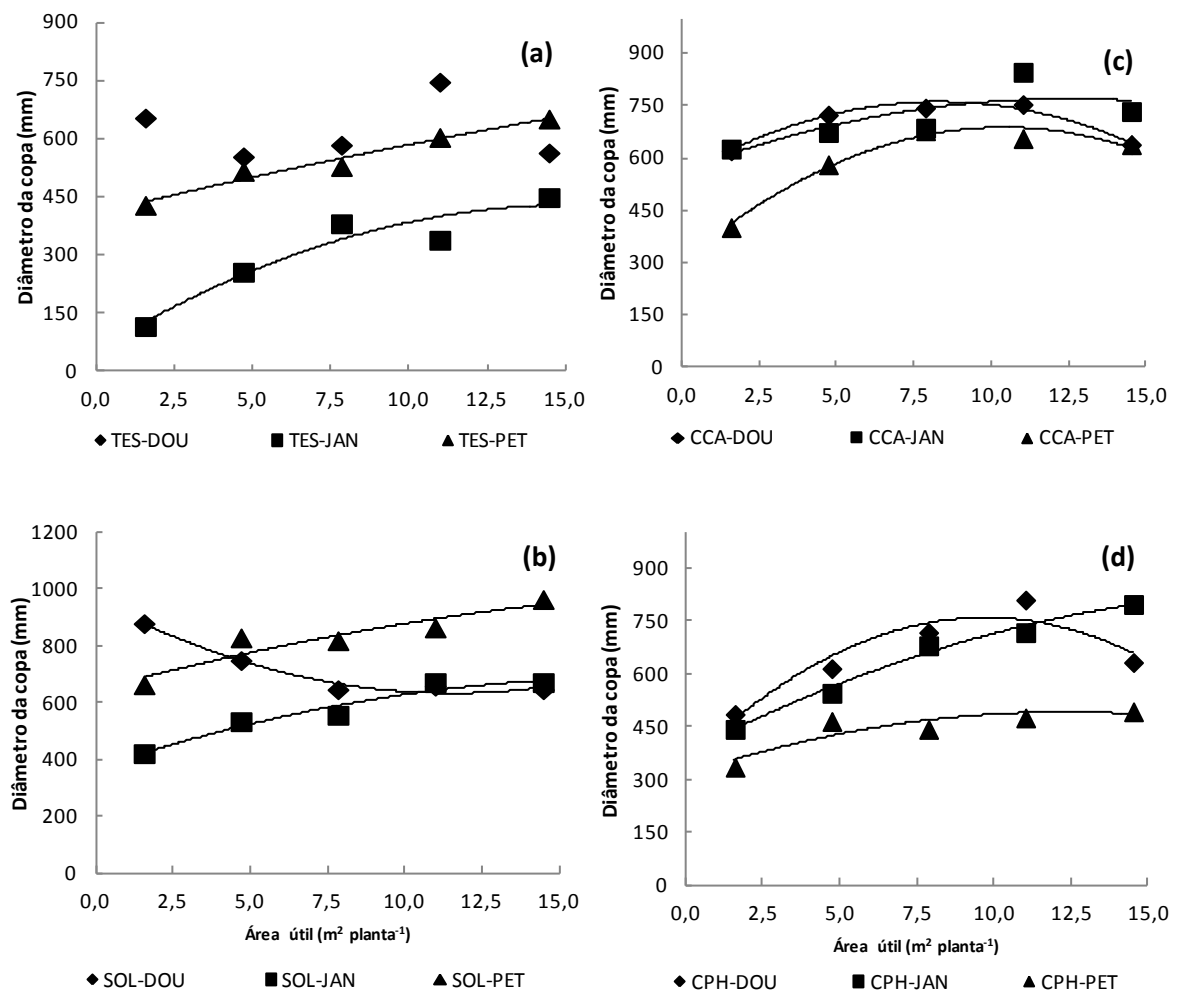


Figura 10 – Diâmetro da Copa (mm) em *J. curcas*, após 540 DAT, cultivadas em diferentes sistemas de cultivo (a) TES (testemunha); (b) SOL (cultivo solteiro); (c) CCA (consórcio com culturas agrônomicas); (d) CPH (consórcio permanente com herbácea) cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR.

Tabela 8 – Ajustes de equações para Diâmetro da Copa (mm) em plantas de *J. curcas*, na interação entre: área útil x procedência x sistema de cultivo. Aos 540 DAT, cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR. TES (testemunha); SOL (cultivo solteiro); CCA (consórcio com culturas agrônômicas); CPH (consórcio permanente com herbácea); DOU (Dourados, MS); JAN (Janaúba, MG) e PET (Petrolina, PE).

PROCEDÊNCIA – DOU		
Sistema de Cultivo	Modelo Ajustado	R²
TES	$Y = Y$	
SOL	$Y = 2,435x^2 - 56,251x + 957,01$	0,97
CCA	$Y = -3,0463x^2 + 50,745x + 549,68$	0,97
CPH	$Y = -4,3952x^2 + 85,479x + 344,01$	0,90
PROCEDÊNCIA – JAN		
TES	$Y = -1,5916x^2 + 48,788x + 55,71$	0,91
SOL	$Y = -1,0216x^2 + 36,148x + 368,29$	0,95
CCA	$Y = -1,3239x^2 + 33,134x + 562,43$	0,62
CPH	$Y = -1,0909x^2 + 44,917x + 374,09$	0,99
PROCEDÊNCIA – PET		
TES	$Y = -0,1978x^2 + 19,732x + 407,12$	0,97
SOL	$Y = -0,5506x^2 + 28,622x + 645,62$	0,87
CCA	$Y = -3,545x^2 + 73,864x + 303,08$	0,97
CPH	$Y = -1,1745x^2 + 28,933x + 313,25$	0,81

P < 0,05: para todos os modelos ajustados

5.4 Número de folhas

Houve significância ($P < 0,01$) para a interação entre procedência, área útil, e sistema de cultivo para o número de folhas de plantas de *J. curcas* após 540 DAT (Tabelas 9 e 10).

Observa-se ao analisar o desdobramento entre os sistemas de cultivo dentro de cada densidade e de cada procedência, que a procedência DOU apresentou maior quantidade de folhas no sistema de cultivo TES, em comparação aos demais independentemente do espaçamento avaliado. Já as plantas de *J. curcas* originadas de sementes da procedência JAN, apresentaram maior quantidade de folhas no sistema de cultivo CCA, independentemente do espaçamento implantado. Por outro lado, o sistema de cultivo TES foi o que apresentou menor quantidade de folhas para número de folhas. Para a procedência PET, o sistema de cultivo TES se mostrou melhor que os demais sistemas, independentemente da área útil. Para esta procedência, o sistema de cultivo menos adequado, foi aquele conduzido em consórcio com o Tifton-85 (CPH), conforme pode ser observado na figura 11.

Quando se avalia o desdobramento dos sistemas em relação aos diferentes espaçamentos dentro de cada procedência, observa-se que para a procedência DOU, nos sistemas de cultivo CPH e CCA apresentou resposta linear crescente em relação ao aumento da área útil. Já os sistemas TES e SOL, para a mesma procedência, apresentaram respostas quadráticas (Figura 12).

Para a procedência JAN, os sistemas de cultivo TES e CPH apresentaram respostas lineares crescentes, para o número de folhas em função do aumento do espaçamento. Os demais sistemas de cultivos avaliados, para esta procedência, apresentaram os maiores resultados em um comportamento quadrático no intervalo 11,00 e 14,50 m² planta⁻¹.

Já na procedência PET, o número de folhas de *J. curcas* em relação aos sistemas de cultivo, observa-se que os sistemas SOL e CPH apresentaram crescimento linear, em função das áreas úteis testadas. Um comportamento quadrático foi obtido para os sistemas de cultivo TES e CCA.

Ao avaliar o desempenho de cada sistema de cultivo dentro de cada procedência em função dos espaçamentos, observa-se que cada procedência

apresentou um desempenho diferente quando comparado o número de folhas de pinhão-manso. Tal fato mostra a importância de se conhecer o comportamento de cada procedência.

Tabela 9 – Número de folhas em plantas de *J. curcas* em diferentes áreas para o plantio em função dos sistemas de cultivo Testemunha (TES); Cultivo Solteiro (SOL); Consórcio Culturas Agronômicas (CCA); Consórcio Permanente Herbácea (CPH), aos 540 DAT, cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR.

Sistema de Cultivo	Área Útil (m ² planta ⁻¹)						Li	Ls
	1,57	4,71	7,85	11,00	14,50			
PROCEDÊNCIA – DOU								
TES	50,75 a	42,25 a	46,50 a	58,50 a	49,25 a	39,00	68,00	
SOL	17,00 c	14,00 c	12,25 b	15,75 d	12,25 c	9,00	21,00	
CCA	32,50 b	37,00 a	44,25 a	49,50 b	31,25 b	25,00	57,00	
CPH	16,75 c	24,25 b	28,25 b	39,50 c	26,25 b	11,00	45,00	
PROCEDÊNCIA – JAN								
TES	3,75 c	6,00 c	8,75 c	8,75 d	18,25 d	2,00	20,00	
SOL	8,50 bc	14,25 bc	18,50 b	20,00 c	20,75 b	7,00	28,00	
CCA	24,50 a	29,00 a	37,00 a	54,00 a	37,00 a	21,00	65,00	
CPH	17,00 ab	23,50 b	38,00 a	36,75 b	45,75 a	12,00	52,00	
PROCEDÊNCIA – PET								
TES	20,00 a	36,00 a	43,25 a	52,75 a	42,00 a	15,00	59,00	
SOL	19,75 a	30,50 b	30,00 b	32,25 b	46,25 a	17,00	56,00	
CCA	19,00 ab	37,00 a	40,00 a	26,75 bc	30,00 b	13,00	51,00	
CPH	9,75 b	21,50 c	17,75 c	21,50 c	24,25 b	6,00	30,00	
CV (%)	8,42							
D.M.S.	8,82							

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação; D.M.S.: diferença mínima significativa. Li.: Limite inferior. Ls.: Limite superior

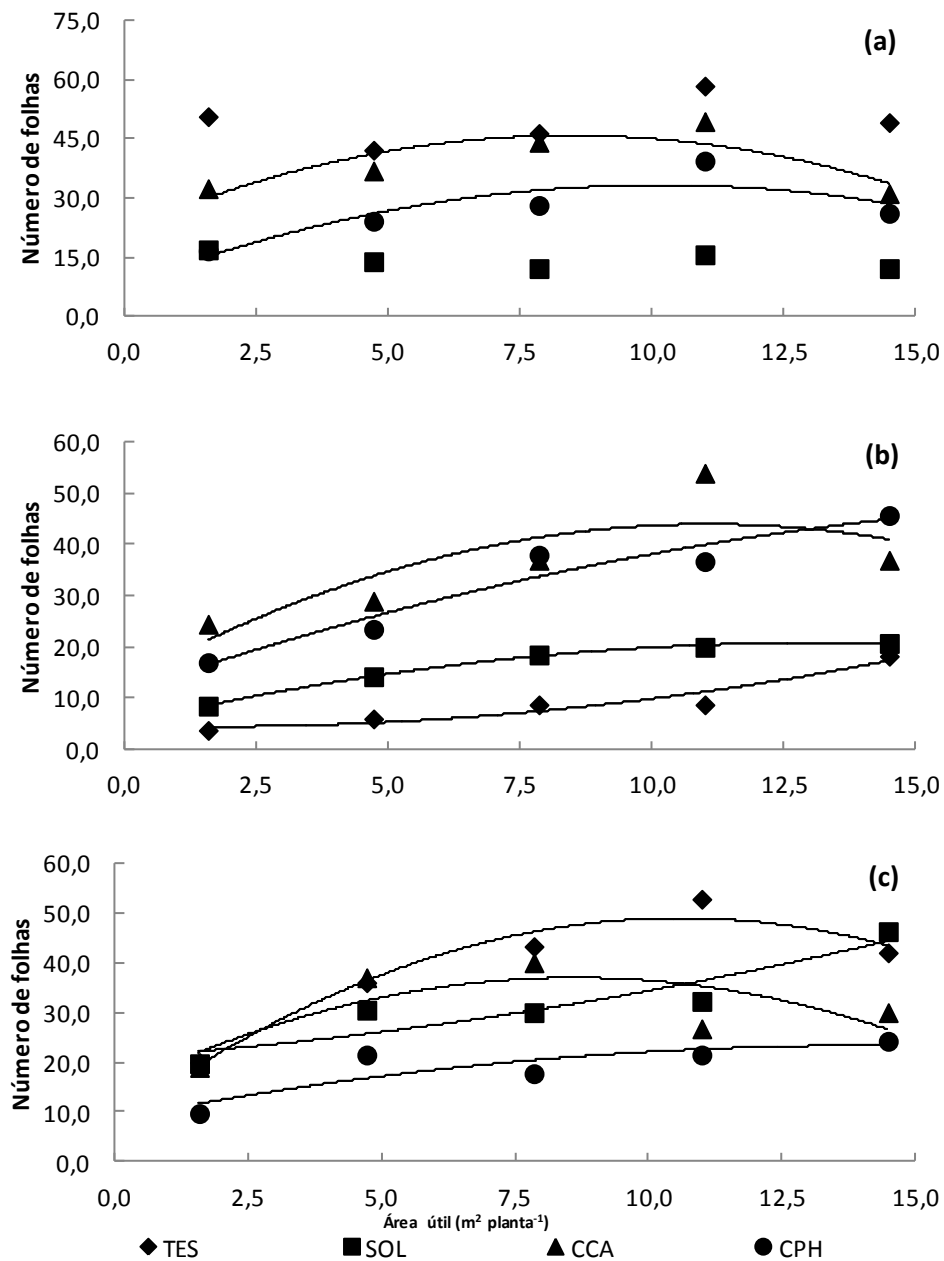


Figura 11 – Número de folhas em plantas de *J. curcas* produzidas a partir de sementes oriundas de (a) DOU (Dourados, MS); (b) JAN (Janaúba, MG) e (c) PET (Petrolina, PE), aos 540 DAT, cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR. TES (testemunha); SOL (cultivo solteiro); CCA (consórcio com culturas agrônômicas); CPH (consórcio permanente com herbácea).

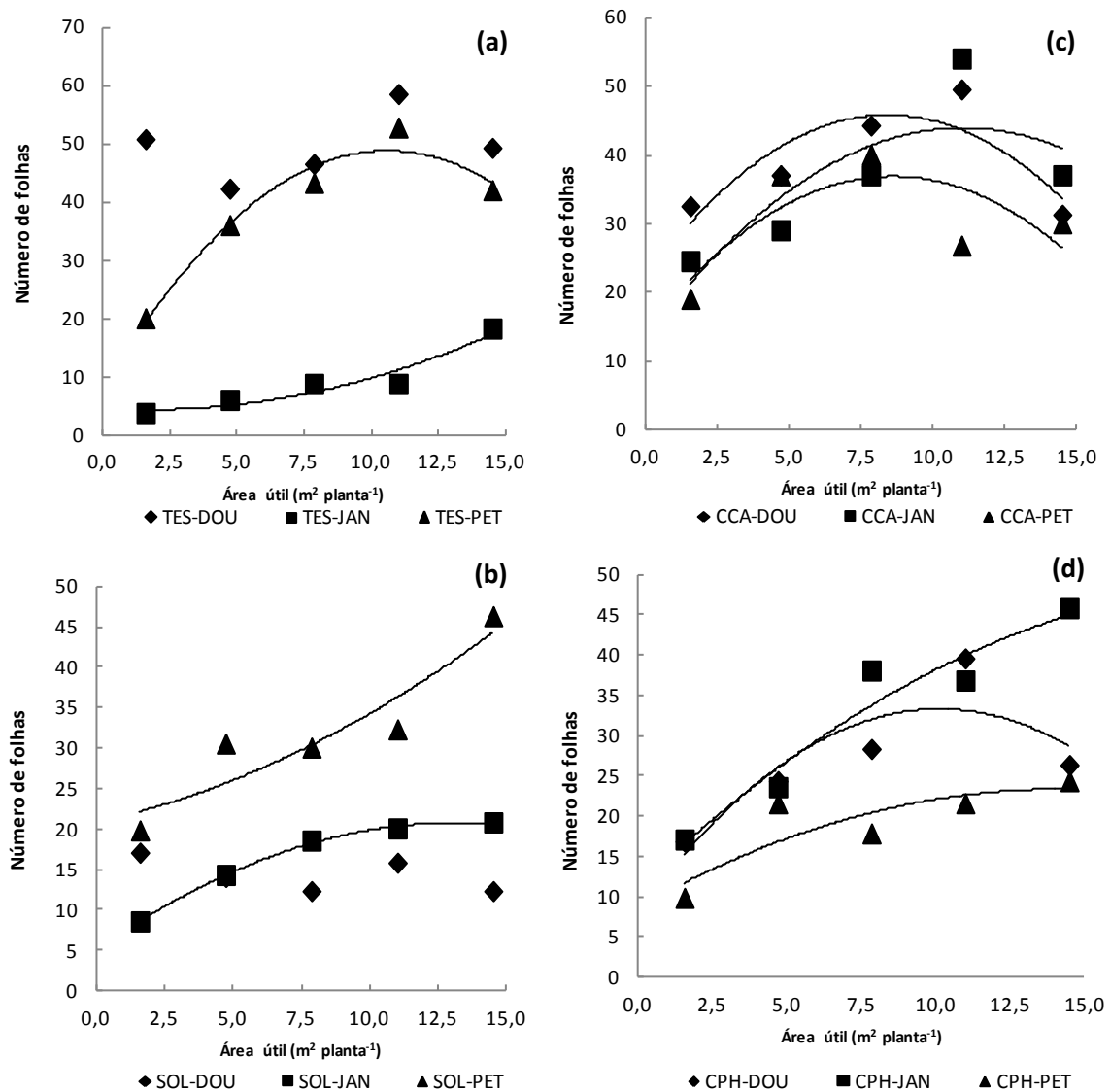


Figura 12 – Número de folhas em plantas de *J. curcas*, após 540 DAT, cultivadas em diferentes sistemas de cultivo (a) TES (testemunha); (b) SOL (cultivo solteiro); (c) CCA (consórcio com culturas agrônômicas); (d) CPH (consórcio permanente com herbácea) cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR.

Tabela 10 – Ajustes de equações para Número de folhas em plantas de *J. curcas*, na interação entre: área útil x procedência x sistema de cultivo. Aos 540 DAT, cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR. TES (testemunha); SOL (cultivo solteiro); CCA (consórcio com culturas agrônômicas); CPH (consórcio permanente com herbácea); DOU (Dourados, MS); JAN (Janaúba, MG) e PET (Petrolina, PE).

PROCEDÊNCIA – DOU		
Sistema de Cultivo	Modelo Ajustado	R²
TES	$Y = Y$	
SOL	$Y = Y$	
CCA	$Y = -0,3318x^2 + 5,612x + 22,13$	0,73
CPH	$Y = -0,2454x^2 + 4,9831x + 7,9943$	0,76
PROCEDÊNCIA – JAN		
TES	$Y = 0,0779x^2 - 0,2554x + 4,6201$	0,91
SOL	$Y = -0,0908x^2 + 2,3945x + 5,0056$	0,99
CCA	$Y = -0,2512x^2 + 5,5609x + 13,202$	0,67
CPH	$Y = -0,0813x^2 + 3,5045x + 11,214$	0,94
PROCEDÊNCIA – PET		
TES	$Y = -0,3616x^2 + 7,6709x + 8,1987$	0,96
SOL	$Y = 0,0606x^2 + 0,7405x + 20,822$	0,86
CCA	$Y = -0,3014x^2 + 5,199x + 14,508$	0,55
CPH	$Y = -0,0728x^2 + 2,0698x + 8,6227$	0,72

P < 0,05: para todos os modelos ajustados

5.5 Diâmetro da base do colo

Houve interação ($P < 0,01$) entre procedência, área útil, e sistema de cultivo para o diâmetro da base do colo de plantas de *J. curcas*, após 540 DAT (Tabelas 11 e 12).

As plantas de *J. curcas* provenientes da procedência DOU para o sistema de cultivo SOL na área útil $1,57 \text{ planta}^{-1}$ apresentou diferença significativa em reposta aos sistemas de cultivo CCA e CPH, respectivamente. O sistema SOL e CCA apresentaram os maiores valores médios em todas as áreas úteis, exceto aos 14,50 e $1,57 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$, respectivamente. Já as plantas cultivadas no sistema de cultivo TES foram aquelas que apresentaram, de modo geral os menores valores médios em todos os espaçamentos, exceto para o espaçamento $1,57 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$. As observações acima corroboram com o estudo de Staut, Silva e Concenço (2011) que encontraram maior crescimento do diâmetro do caule em plantas que foram submetidas a redução do período de competição. O diâmetro do caule aumentou de 50 mm na testemunha constantemente infestada, para 70 mm na testemunha livre de mato competição, dentro do período avaliado (Figura 13).

Quando avaliado o desempenho das plantas originadas de sementes da procedência JAN nos espaçamentos $1,57$ e $4,71 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$ observa-se que aquelas plantas cultivadas no sistema TES apresentaram os menores valores quando comparados aos demais sistemas. O mesmo foi observado nos espaçamentos de 11,00 e $14,50 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$. Os maiores valores médios para o diâmetro da base do colo de plantas de *J. curcas* desta procedência foram obtidos para o sistema de cultivo SOL, independentemente do espaçamento testado, sendo que este sistema não difere dos sistemas CCA e CPH em todos os espaçamentos – exceto nos espaçamentos $1,57$ e $14,50 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$, respectivamente (Figura 14).

As plantas da procedência PET submetidas ao sistema de cultivo SOL apresentaram os maiores valores médios para esta variável, independentemente do espaçamento testado (Tabela 11). Por outro lado, o sistema de cultivo TES apresentou os menores valores em todos os espaçamentos.

Ao avaliar o desempenho de cada sistema de cultivo dentro de cada procedência em função dos espaçamentos, observa-se que cada procedência apresentou um desempenho diferente quando comparado ao diâmetro da base do colo de plantas de pinhão-manso. Tal fato mostra a importância de se conhecer as

respostas de *J. curcas* em relação às condições de crescimento para cada procedência.

Tabela 11 – Diâmetro da base do colo (mm) em plantas de *J. curcas* em diferentes áreas para o plantio em função dos sistemas de cultivo Testemunha (TES); Cultivo Solteiro (SOL); Consórcio Culturas Agronômicas (CCA); Consórcio Permanente Herbácea (CPH), aos 540 DAT, cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR.

Sistema de Cultivo	Área Útil (m ² planta ⁻¹)						Li	Ls
	1,57	4,71	7,85	11,00	14,50			
PROCEDÊNCIA – DOU								
TES	57,75 ab	46,75 b	53,75 b	54,25 b	51,50 c	39,00	63,00	
SOL	64,75 a	62,00 a	60,50 ab	59,60 ab	54,25 bc	50,00	74,00	
CCA	53,00 bc	65,50 a	63,50 a	64,50 a	65,75 a	48,00	70,00	
CPH	46,75 c	57,50 a	57,75 ab	59,75 ab	60,75 ab	45,00	68,00	
PROCEDÊNCIA – JAN								
TES	21,75 c	25,25 b	27,75 b	28,50 b	26,75 c	20,00	32,00	
SOL	52,25 a	55,50 a	53,50 a	53,75 a	65,25 a	45,00	69,00	
CCA	42,25 b	55,50 a	54,25 a	60,50 a	61,00 ab	35,00	66,00	
CPH	44,50 ab	50,00 a	51,75 a	54,00 a	54,50 b	40,00	59,00	
PROCEDÊNCIA – PET								
TES	36,50 b	40,75 c	40,00 c	43,75 c	48,00 c	27,00	56,00	
SOL	76,00 a	75,25 a	66,00 a	77,25 a	81,75 a	65,00	84,00	
CCA	44,25 b	55,75 b	55,75 b	53,75 b	60,00 b	42,00	63,00	
CPH	41,00 b	41,25 c	37,75 c	47,75 bc	51,75 bc	33,00	58,00	
CV (%)	9,08							
D.M.S.	8,04							

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação; D.M.S.: diferença mínima significativa. Li.: Limite inferior. Ls.: Limite superior

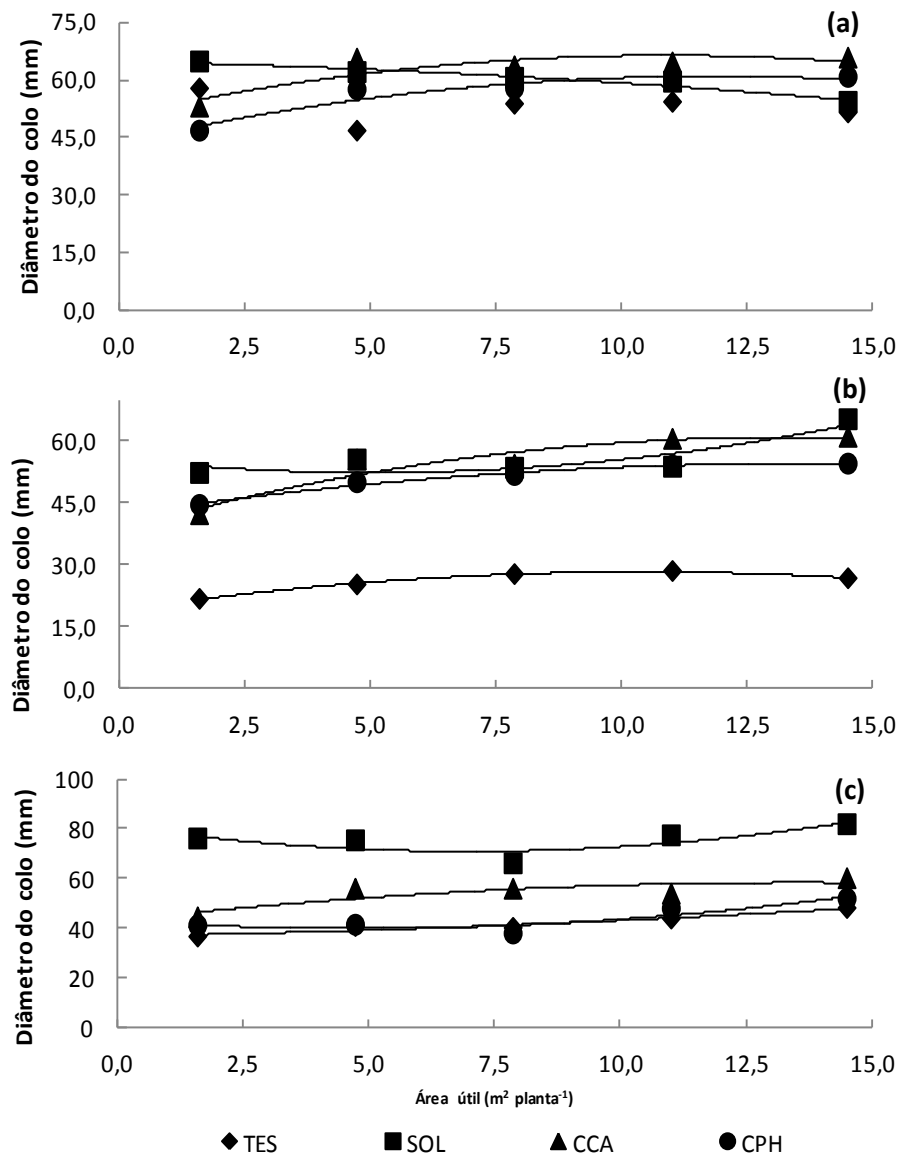


Figura 13 – Diâmetro da base do colo em plantas de *J. curcas* produzidas a partir de sementes oriundas de (a) DOU (Dourados, MS); (b) JAN (Janaúba, MG) e (c) PET (Petrolina, PE), aos 540 DAT, cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR. TES (testemunha); SOL (cultivo solteiro); CCA (consórcio com culturas agrônômicas); CPH (consórcio permanente com herbácea).

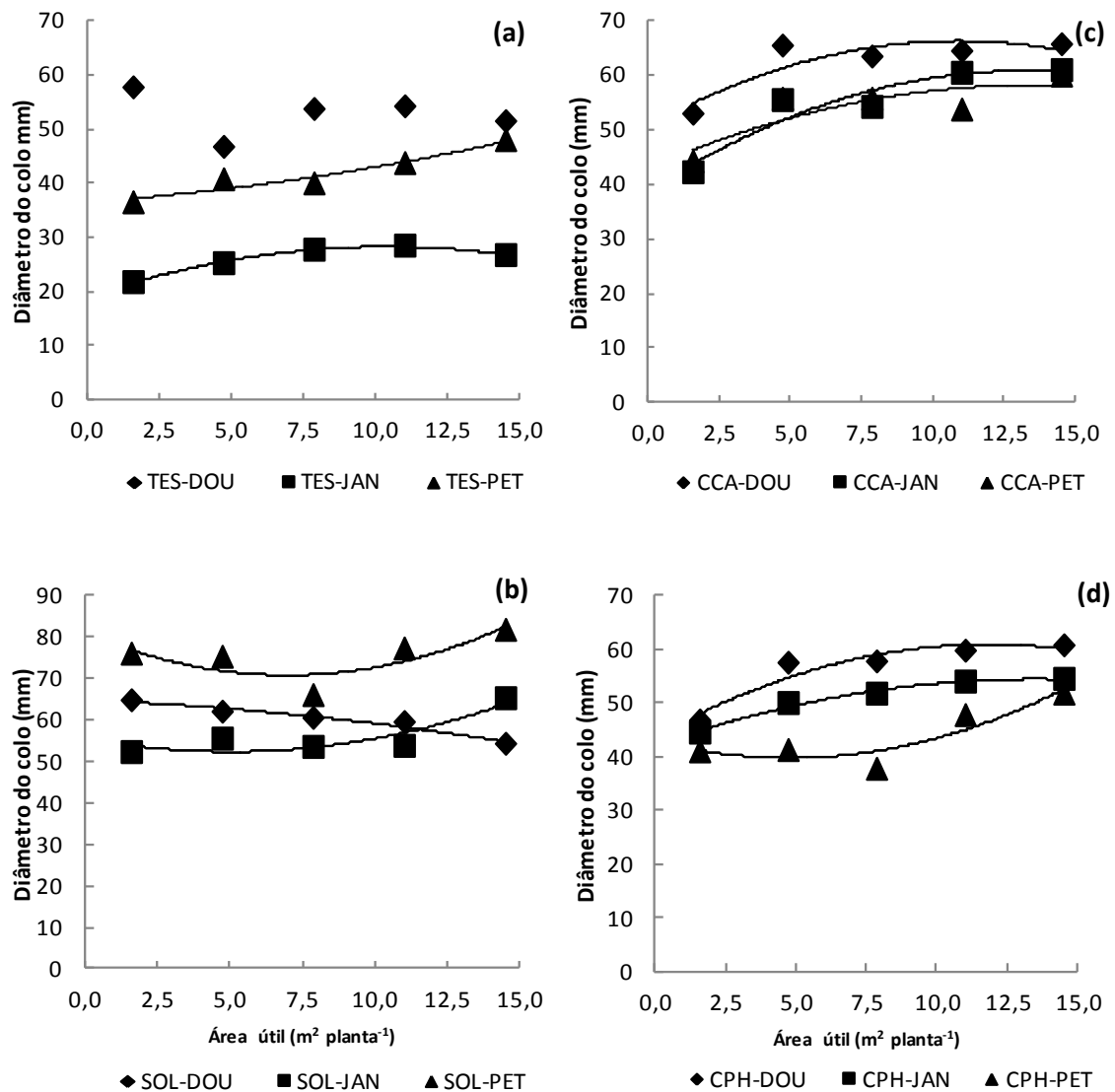


Figura 14 – Diâmetro da base do colo (mm) em plantas de *J. curcas*, após 540 DAT, cultivadas em diferentes sistemas de cultivo (a) TES (testemunha); (b) SOL (cultivo solteiro); (c) CCA (consórcio com culturas agrônômicas); (d) CPH (consórcio permanente com herbácea) cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR.

Tabela 12 – Ajustes de equações para Diâmetro da base do colo (mm) em plantas de *J. curcas*, na interação entre: área útil x procedência x sistema de cultivo, aos 540 DAT, cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR. TES (testemunha); SOL (cultivo solteiro); CCA (consórcio com culturas agrônômicas); CPH (consórcio permanente com herbácea); DOU (Dourados, MS); JAN (Janaúba, MG) e PET (Petrolina, PE).

PROCEDÊNCIA – DOU		
Sistema de Cultivo	Modelo Ajustado	R²
TES	$Y = Y$	
SOL	$Y = -0,0286x^2 - 0,2757x + 64,77$	0,95
CCA	$Y = -0,1325x^2 + 2,8866x + 50,639$	0,75
CPH	$Y = -0,1229x^2 + 2,9098x + 43,7$	0,90
PROCEDÊNCIA – JAN		
TES	$Y = -0,0856x^2 + 1,7805x + 19,031$	0,99
SOL	$Y = 0,1281x^2 - 1,2909x + 55,581$	0,80
CCA	$Y = -0,1276x^2 + 3,3643x + 38,687$	0,89
CPH	$Y = -0,0678x^2 + 1,8324x + 42,092$	0,99
PROCEDÊNCIA – PET		
TES	$Y = 0,0275x^2 + 0,3704x + 36,571$	0,93
SOL	$Y = -0,1276x^2 + 3,3643x + 38,687$	0,89
CCA	$Y = -0,0836x^2 + 2,2611x + 42,958$	0,71
CPH	$Y = -0,0678x^2 + 1,8324x + 42,092$	0,98

P < 0,05: para todos os modelos ajustados

5.6 Índice SPAD

Houve interação ($P < 0,05$) entre procedência, área útil, e sistema de cultivo para os teores de clorofila em folhas de *J. curcas* após 540 DAT.

Ao avaliar o desdobramento dos teores de clorofila quantificada pelo índice SPAD das folhas de plantas de *J. curcas* das procedências DOU e JAN não foram observadas diferenças ($P > 0,05$) entre os sistemas de cultivo, independentemente dos espaçamentos testados. Porém, folhas de *J. curcas* da procedência PET apresentaram diferenças significativas dentro dos espaçamentos, em função dos diferentes sistemas de cultivo. O sistema de cultivo TES apresentou em média, valores maiores ou iguais para os espaçamentos avaliados (Tabelas 13 e 14).

Quando avaliado, o desdobramento dos sistemas e dos espaçamentos dentro de cada procedência, não foi possível observar efeito destes sobre os sistemas de cultivo e dentro de cada procedência (Figura 15).

O teor de clorofila em folhas de pinhão-manso (Índice SPAD) foi testado em diversos trabalhos, frente à deficiência nutricional e o estresse salino. Foram encontrados efeitos significativo para a maioria das variáveis analisadas (CAVALCANTE *et al.*, 2009; CAMPOS *et al.* 2012; CELANTI *et al.*, 2012; LOPES *et al.*, 2012; SILVA *et al.*, 2012).

Dessa forma nas condições de avaliação deste trabalho, esta variável não se mostrou eficiente para indicar a melhor forma de cultivo, para o desenvolvimento de *J. curcas*. Provavelmente, deve-se ao fato de que a época de coleta dos dados, assim como as condições climáticas, interferem na acumulação do pigmento fotossintético.

Tabela 13 – Índice SPAD em folhas de *J. curcas* em diferentes áreas para o plantio em função dos sistemas de cultivo Testemunha (TES); Cultivo Solteiro (SOL); Consórcio Culturas Agronômicas (CCA); Consórcio Permanente Herbácea (CPH), aos 540 DAT, cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR.

Sistema de Cultivo	Área Útil (m² planta ⁻¹)						Li	Ls
	1,57	4,71	7,85	11,00	14,50			
PROCEDÊNCIA – DOU								
TES	33,20 a	34,75 a	32,95 a	35,65 a	37,60 a	30,90	39,80	
SOL	24,20 a	29,93 a	25,05 a	33,03 a	27,63 a	17,40	38,70	
CCA	30,95 a	26,10 a	29,38 a	35,35 a	33,25 a	21,70	43,20	
CPH	30,38 a	30,18 a	29,30 a	25,75 a	27,98 a	20,20	35,20	
PROCEDÊNCIA – JAN								
TES	19,43 a	27,33 a	29,78 a	32,43 a	29,50 a	14,80	40,30	
SOL	28,78 a	26,98 a	31,23 a	26,38 a	33,03 a	19,70	37,50	
CCA	28,95 a	35,20 a	36,23 a	35,78 a	30,58 a	17,20	48,00	
CPH	25,15 a	28,78 a	28,68 a	31,58 a	28,63 a	20,60	35,00	
PROCEDÊNCIA – PET								
TES	48,83 a	39,95 a	35,78 a	37,33 a	34,95 ab	26,90	52,70	
SOL	32,18 b	29,88 ab	33,48 a	26,68 b	38,43 a	21,50	42,40	
CCA	34,13 ab	32,05 ab	34,23 a	36,78 ab	27,78 b	19,20	46,60	
CPH	29,45 b	28,20 b	31,75 a	37,38 a	31,33 ab	24,20	45,00	
CV (%)	17,96							
D.M.S.	13,22							

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação; D.M.S.: diferença mínima significativa. *Li.*: Limite inferior. *Ls.*: Limite superior

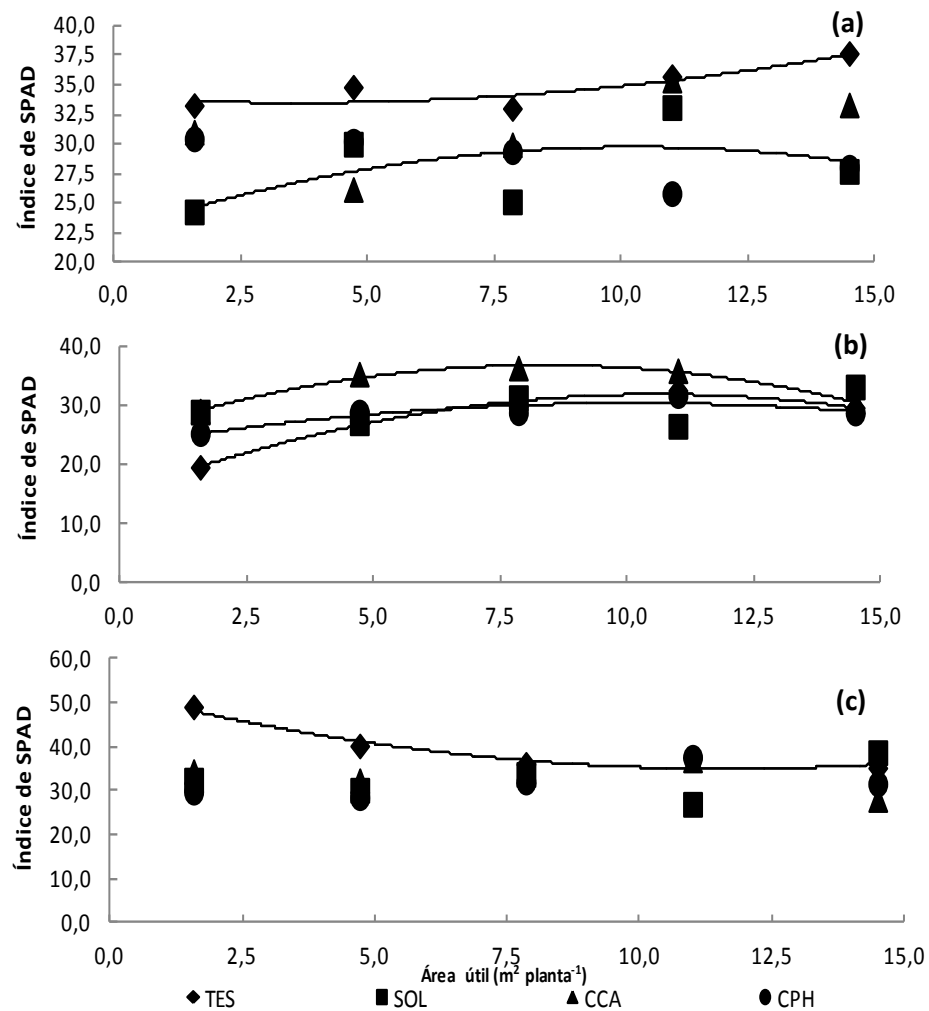


Figura 15 – Índice SPAD em folhas de *J. curcas* produzidas a partir de sementes oriundas de (a) DOU (Dourados, MS); (b) JAN (Janaúba, MG) e (c) PET (Petrolina, PE), aos 540 DAT, cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR. TES (testemunha); SOL (cultivo solteiro); CCA (consórcio com culturas agrônômicas); CPH (consórcio permanente com herbácea).

Tabela 14 – Ajustes de equações para Índice SPAD em folhas de plantas de *J. curcas*, na interação entre: área útil x procedência x sistema de cultivo. Aos 540 DAT, cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR. TES (testemunha); SOL (cultivo solteiro); CCA (consórcio com culturas agronômicas); CPH (consórcio permanente com herbácea); DOU (Dourados, MS); JAN (Janaúba, MG) e PET (Petrolina, PE).

PROCEDÊNCIA – DOU		
Sistema de Cultivo	Modelo Ajustado	R²
TES	$Y = 0,0346x^2 - 0,252x + 33,937$	0,79
SOL	$Y = Y$	
CCA	$Y = Y$	
CPH	$Y = 0,0186x^2 - 0,5823x + 31,779$	0,61
PROCEDÊNCIA – JAN		
TES	$Y = -0,1499x^2 + 3,1834x + 14,982$	0,98
SOL	$Y = Y$	
CCA	$Y = -0,166x^2 + 2,7753x + 25,212$	0,98
CPH	$Y = -0,0716x^2 + 1,4487x + 23,065$	0,82
PROCEDÊNCIA – PET		
TES	$Y = 0,1287x^2 - 3,0075x + 52,458$	0,92
SOL	$Y = Y$	
CCA	$Y = Y$	
CPH	$Y = Y$	

P < 0,05: para todos os modelos ajustados

5.7 Número de ramos

A análise de variância indicou inexistir interação tripla significativa ($P>0,01$) para o número de ramos em plantas *J. curcas* após 540 DAT.

Interações significativas ($P<0,01$) foram entre procedência e sistema de cultivo. O sistema de cultivo SOL exibiu maiores valores médios do número de ramos durante o período avaliado, independentemente da procedência, exceto com a procedência DOU, onde este sistema não diferiu do sistema de cultivo CCA (Tabela 15).

Para Staut, Silva e Concenço (2011), o crescimento do pinhão-manso é afetado desde os primeiros dias pós-transplante pela competição com plantas daninhas. As plantas tendem a apresentar menor número de galhos laterais conforme o período de competição com plantas daninhas aumenta. Esta afirmação, corrobora com os resultados encontrados nas condições deste experimento em que os menores valores médios foram encontrados no sistema de cultivo que sofreu influência constante de mato competição (TES), já os maiores valores médios foram apresentados pelo sistema livre da infestação de plantas invasoras (SOL): 1,05 e 8,10 galhos por planta, respectivamente.

O desdobramento dos sistemas de cultivo dentro de cada procedência revelou que a procedência DOU apresentou diferenças da procedência PET em todos os sistemas de cultivo. De modo geral, pode-se afirmar que plantas oriundas da procedência PET apresentaram os menores valores médios para o número de ramos.

Tabela 15 – Número de ramos em plantas de *J. curcas* em diferentes áreas para o cultivo em função dos sistemas de cultivo Testemunha (TES); Cultivo Solteiro (SOL); Consórcio Culturas Agronômicas (CCA); Consórcio Permanente Herbácea (CPH). Aos 540 DAT, cultivadas em área rural, Distrito de Dois Irmãos, Toledo - PR.

Sistema de Cultivo	PROCEDÊNCIAS					
	DOU		JAN		PET	
	<i>Li</i>	<i>Ls</i>	<i>Li</i>	<i>Ls</i>	<i>Li</i>	<i>Ls</i>
TES	2,75 aC		1,05 bC		1,20 bC	
	1,00	6,00	1,00	2,00	1,00	2,00
SOL	6,50 bA		6,85 abA		8,10 aA	
	2,00	10,00	3,00	13,00	5,00	13,00
CCA	5,25 aAB		4,00 abB		3,80 bB	
	2,00	9,00	2,00	8,00	2,00	8,00
CPH	4,60 aB		4,05 abB		3,15 bB	
	2,00	9,00	2,00	7,00	1,00	8,00
CV (%)	43,20					
D.M.S.	1,52					

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação; D.M.S.: diferença mínima significativa. *Li.*: Limite inferior. *Ls.*: Limite superior

5.8 Dimensionamento do espaçamento para o cultivo de *J. curcas*

Objetivando dimensionar os resultados deste experimento, nos plantios comerciais, utilizou-se como base, a área útil por planta ($\text{m}^2 \text{ planta}^{-1}$), expandindo-se para hectare, em diferentes sugestões de arranjos, conforme pode ser observado na tabela 16.

Tabela 16 – Espaçamentos e número de plantas de *J. curcas* para áreas comerciais sugeridos, a partir das áreas úteis dimensionais do modelo sistemático experimental *Nelder Plots*.

Área Testada (m ² planta ⁻¹)	*Espaçamento	*Plantas ha ⁻¹
1,57	1,0x1,5	6,667
4,71	2,0x2,5	2,000
7,85	2,0x4,0	1,250
11,00	3,0x3,5	952
14,50	3,5x4,0	714

*Valores aproximados por arredondamento matemático.

Para o plantio e produção de pinhão-mansão, existe a necessidade do conhecimento do comportamento da planta frente às condições edafoclimáticas para cada região. Achten *et al.* (2008) encontraram diferentes densidades, em plantios comerciais com *J. curcas*, com populações variáveis de 1.100 a 2.500 plantas por hectare. Entretanto, como a produção está diretamente relacionada com a planta individual, maiores espaçamentos podem diminuir a produção total por unidade de área.

Conforme reportado por Brittain e Litaladio (2010), o plantio de pinhão-mansão em regiões de semiárido deve utilizar espaçamentos maiores, tais como 3,0 x 2,0; 3,0 x 2,5 ou 3,0 x 3,0 metros, dessa forma irá minimizar a competição por luz e o sombreamento mútuo. A decisão sobre um espaçamento maior pode assegurar maior facilidade e acesso para a colheita de frutos.

6 CONCLUSÃO

O sistema de cultivo Solteiro foi o mais adequado para o desenvolvimento vegetativo de plantas de *J. curcas*.

As três procedências testadas sofreram influências da área útil disponível por planta, no desenvolvimento vegetal.

A transformação das áreas úteis testadas para um espaçamento retangular indica o espaçamento 3,0 x 3,5 como o mais adequado.

O índice SPAD não evidenciou diferenças em função da área útil por planta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHTEN, W., *et al.* *Jatropha* bio-diesel production and use. **Biomass and Bioenergy**, Bélgica, v. 32, n. 12, p. 1063-1084, 2008.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP. **Biocombustíveis**. Disponível em <<http://www.anp.gov.br/?id=470>>. Acesso em: 12 jun. 2012.

ALBUQUERQUE, F. A., *et al.* Crescimento e desenvolvimento do Pinhão-mansô – 1º Ano Agrícola. **Embrapa Documentos 197**, Campina Grande, 21p., 2008.

ALVES, J. M. A., *et al.* Pinhão-mansô: Uma alternativa para produção de biodiesel na agricultura familiar na Amazônia Brasileira. **Revista Brasileira de Agroambiente**, Boa Vista, v. 2, n. 1, jan/jun., 2008.

ANDRADE, G. A. *et al.* Temperatura mínima letal para plantas jovens de pinhão-mansô. **Revista Bragantia**, v. 67, p. 779-803, 2008.

ARRUDA, F. P., *et al.* Cultivo de pinhão-mansô (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o semi-árido nordestino. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 8, n. 1, 789-799, jan/abr., 2004.

AVZARADEL, A. C. **A contribuição da Política Estadual para Viabilizar a participação da Agricultura Familiar no Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel: O Caso da Bahia**. Rio de Janeiro, 2008. 199 p. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro.

BALLONI, E. A.; SIMÕES, J. W. O espaçamento de plantio e suas implicações silviculturais. **Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais**, Piracicaba, v. 1, n. 3, p. 1-16, set., 1980.

BELTRÃO, N. E. M. **Considerações gerais sobre o pinhão-mansô (*Jatropha curcas* L.) e a necessidade urgente de pesquisas, desenvolvimento e inovações tecnológicas para esta planta nas condições brasileiras**. 2006. Disponível em <www4.fct.unesp.br/thomaz/.../Fotosdo%20Pinhão/0705910897.doc>. Acesso em 14 mai. 2012.

BELTRÃO, N. E. M., *et al.* **Recomendação técnica sobre o plantio de pinhão-mansô no Brasil**. 2007. Disponível em <<http://www.cpao.embrapa.br/portal/noticias/Position%20Paper.pdf>>. Acesso em 14 mai. 2012.

BERCHMANS, H. J.; HIRATA, S. Biodiesel production from crude *Jatropha curcas* L. seed oil with a high content of free fatty acids. **Bioresource Technology**, Holanda, v. 99, p. 1716-1721, 2008.

BERGER, R., *et al.* Efeito do espaçamento e da adubação no crescimento de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 75-87, 2002.

BIODIESEL BR. **Aspectos Gerais da Cultura da *Jatropha curcas***. Curitiba, mai., 2012.

BRASIL. **Biodiesel**. Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento Agrário, Secretaria da Agricultura Familiar. Disponível em <<http://www.mda.gov.br/portal/saf/programas/biodiesel/2286217>> Acesso em: 05 jun. 2012a.

BRASIL. **Biodiesel – Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel**. Brasília, DF: Ministério de Minas e Energia. Disponível em <http://www.mme.gov.br/programas/biodiesel/menu/programa/marco_regulatorio.html>. Acesso em 05 jun. 2012b.

BRITTAINE, R.; LUTALADIO, N. ***Jatropha: A Smallholder Bioenergy Crop. The Potential for Pro-Poor Development***, Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO. Integrated Crop Management, Roma, v. 8, 2010. 114p.

CAMPOS, A. G., *et al.* **Diagnose visual e valores de SPAD em pinhão-mansão cultivado em soluções nutritivas deficientes em macronutrientes**. Disponível em <<https://uspdigital.usp.br/.../cdOnlineTrabalhoVisualizarResumo?...18>>. Acesso em 22 Jul. 2012.

CARNIELLI, F. **O combustível do futuro**. n. 1413, a. 29, out. 2003. Disponível em: <<https://www.ufmg.br/boletim/bol1413/quarta.shtml>> Acesso em 13 mai. 2012.

CAVALCANTE, P. G. S., *et al.* Avaliação do teor de clorofila em pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.) sob estresse salino. In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 1., Fortaleza. **Anais...** Setembro, 2009.

CELANTI, H. F., *et al.* **Índice SPAD em folhas recém expandidas de pinhão-mansão de primeiro ano submetido a doses de nitrogênio**. Embrapa. Disponível em <www.cpac.embrapa.br/download/1872/t>. Acesso em 10 jul. 2012.

CORRÊA, I. M., *et al.* Desempenho de motor diesel com misturas de biodiesel com óleo de girassol. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 3, p. 923-928, maio/jun., 2008.

DALCHIAVON, F. C., *et al.* Características agronômicas das sementes e dos frutos de pinhão-mansão no município de Tangará da Serra, MT. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v. 8, n. 1, p. 95-101, 2010.

DANIDA FOREST SEED CENTRE – DFSC. Seed Leaflet: *Jatropha curcas* L. Dinamarca, n. 83, ago., 2003.

DEVIDE, A. C. P.; CASTRO, C. M.; RODRIGUES JR, C. Efeito de culturas de cobertura e da poda na produtividade do pinhão-mansão. In: IV CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA – I SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS. João Pessoa. Inclusão Social e Energia. **Anais...** Campina grande: Embrapa Algodão, 2010, p. 1326-1332.

DIGGLE, P. J.; TAWN, J. A.; MOYEED, R. A. Model-Based Geostatistic. **Royal Statistical Society**. Reino Unido, v. 47, n.3, p. 299-350, 1998.

DRUMOND, M. A., *et al.* Desenvolvimento inicial de procedências de pinhão-manso em Petrolina, Pernambuco, Brasil. In: II Congresso Brasileiro de Pesquisas de Pinhão-Manso. Brasília. **Anais...** Novembro, 2011.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2º ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/SOLOS, 2006. 306p.

FEITOSA, N., *et al.* Levantamento de espécies de plantas daninhas na cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L., *Euphorbiaceae*) em Maringá, PR. In: I Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar. Maringá. **Anais...** Outubro, 2009.

FERRARI, R. A.; OLIVEIRA, V. S.; SCABIO, A. Biodiesel de soja – taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico química e consumo em gerador de energia. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 1. 19-23, 2005.

FRANCO, D. A. S.; GABRIEL, D. Aspectos fitossanitários na cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) para produção de biodiesel. **Biológico**, São Paulo, v. 70, n. 2, p. 63-64, jul/dez., 2008.

GOLDFARB, M., *et al.* Incidência de fungos e qualidade fisiológica de sementes de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) após o armazenamento criogênico. **Revista Biotemas**, Florianópolis, v. 23, n. 1, p.19-26, mar., 2010.

GOMES, J. E., *et al.* Estabelecimento da *Tectona grandis* L. f. (Teca) introduzida em áreas de cerrado sob diferentes espaçamentos. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**. Garça, n. 6, ago., 2005.

GOOGLE EARTH. Informações geográficas do Croqui de Instalação do Experimento. Disponível em: <<http://maps.google.com.br>>. Acesso em 23 fev. 2012.

HELLER, J. **Physic nut. *Jatropha curcas* L. promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops**. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research. International Plant Genetic Resources Institute, Roma, v. 1, 1996.

KUMAR, A.; SHARMA, S. An evaluation of multipurpose oil seed crop for industrial uses (*Jatropha curcas* L.): A review. **Industrial Crops and Products**, 10p., 2008.

LAVIOLA, B. G.; DIAS, L. A. S. Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, 1969-1975, 2008.

LELES, P. S. S., *et al.* Crescimento, produção e alocação de matéria seca de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. pellita* sob diferentes espaçamentos na região de cerrado, MG. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 59, p. 77-87, 2001.

LOPES, F. T., *et al.* **Resposta da cultura de pinhão-mansão à adubação com NPK.** Embrapa. Disponível em <www.cnpm.embrapa.br/5ciic/4ciic/Artigos/RE10112.pdf>. Acesso em 18 jul. 2012.

LUNCKES, J. F. **Biodiesel no Tocantins: Um estudo de caso da produção de mamona.** Palmas, 2009. 130 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Agronegócio) – Universidade Federal do Tocantins.

MELLO, F. D. A. **Caracterização e avaliação de acessos de pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.) em dois níveis de fertilidade do solo.** Planaltina-DF, 2009. Disponível em: <http://www.upis.br/pesquisas/pdf/agronomia/2010/FernandoDaminelli_AC.pdf>. Acesso em 10 jul. 2012.

MELO, J. C., *et al.* **Avaliação preliminar do potencial do pinhão-mansão para a produção de biodiesel.** Disponível em <http://portal.ftc.br/bioenergia/wp-content/uploads/2010/05/Artigo_6.pdf>. Acesso em 12 dez. 2011.

MÜLLER, M. D., *et al.* **Desempenho inicial de pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.) implantado em sistema silvipastoril.** Disponível em: <<http://www.sct.embrapa.br/cdagro/tema01/01tema17.pdf>> Acesso em 10 jul. 2012.

NAKPONG, P.; WOOTTHIKANOKKHAN, S. Optimization of biodiesel production from *Jatropha curcas* L. oil via alkali-catalyzed methanolysis. **Journal of Sustainable Energy & Environment**, Tailândia, v.1, 105-109, 2010.

NELDER, J. A. New kinds of systematic designs for spacing experiments. **Biometrics**, n.18, p.283-307, 1962.

NEVES, W. S., *et al.* Avaliação fitossanitária de sementes de pinhão-mansão provenientes dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, Boa Vista, v. 3, n. 2, p. 17-23, 2009.

NUNES, C. F. **Caracterização de frutos, sementes e plântulas e cultivo de embriões de pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.).** Lavras, 2007. 78p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras.

ODA, M. L. **Aplicação de métodos geoestatísticos para identificação de dependência espacial na análise de dados de um experimento em delineamento sistemático tipo “leque”.** Piracicaba, 2005. 72 p. Dissertação (Mestrado Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.

ODA-SOUZA, M., *et al.* Aplicação de métodos geoestatísticos para identificação de dependência espacial na análise de dados de um ensaio de espaçamento florestal em delineamento sistemático tipo leque. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 499-509, 2008.

OVANDO-MEDINA *et al.* State of the art of genetic diversity research in *Jatropha curcas*. Scientific Research and Essays Vol. 6(8), pp. 1709-1719, 18 April, 2011.

PARROTT, D. L.; BRINKS, J. S.; LHOTKA, J. M. Designing Nelder wheel plots for tree density experiments. **New Forests**, New York, v. 12, 10p., 2011.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309p.

PROGRAMA NACIONAL DE PRODUÇÃO E USO DO BIODIESEL – PNPB. **Biodiesel o Novo Combustível do Brasil**, abr., 2004.

REDMOND, J.; GERHARDT, G.; SIÚRTÁIN, M. M. Systematic Spacing Trials for Plantation Research and Demonstration. COFORD – Council for Forest Research and Development. **Silviculture Management**, Irlanda, n. 12, 2008.

RONDON, E. V. Produção de biomassa e crescimento de árvores de *Schizolobium amazonicum* (Huber) Ducke sob diferentes espaçamentos na região da mata. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 5, p. 573-576, 2002.

SANTOS, A. P. B.; PINTO, A. C. Biodiesel: Uma alternativa de combustível limpo. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 58-62, fev., 2009.

SANTOS, R. C., et al. Produtividade de grãos e óleo de genótipos de amendoim para o mercado oleoquímico. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 1, p. 72-77, jan/mar., 2012.

Statistical Analysis System – SAS . Software Estatístico Versão 8.2, 2001

SATO, M., et al. A cultura do pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.): Uso para fins combustíveis e descrição agronômica. **Varia Scientia**, Cascavel, v. 7, n. 13, p. 47-62, jan/jul., 2009.

SILVA, A. S., et al. Índice SPAD em plantas de pinhão-mansão submetidos à doses de fósforo. In: IV WORKSHOP INTERNACIONAL DE INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NA IRRIGAÇÃO. Fortaleza. **Anais...** maio, 2012.

SILVA, C. R. **Efeito do espaçamento e arranjo de plantio na produtividade e uniformidade de clones de *Eucalyptus* na Região Nordeste do Estado de São Paulo**. Piracicaba, 2005. 50 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.

SILVA NETO, J. A., et al. Desenvolvimento do pinhão-mansão consorciado com diferentes espécies forrageiras e produtoras de grãos. In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS DE PINHÃO-MANSO, 1., 2011, Brasília. **Anais...** 2011.

SILVA, Y. K., et al. Crescimento do pinhão-mansão em diferentes espaçamentos em Anastácio-MS. In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS DE PINHÃO-MANSO, 1., 2011, Brasília. **Anais...** 2011.

SIMEPAR – SISTEMA METEOROLÓGICO DO PARANÁ. Boletim Informativo. Estação 24475242. Curitiba, 2012.

SORATTO, R. P. *et al.* Espaçamento e população de plantas de mamoneira de porte baixo para colheita mecanizada. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.46, n.3, p.245-253, mar. 2011

SOUZA, A. P. L.; MOREIRA, I. T. Descrição e avaliação do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel. In: I Seminário Internacional & III Seminário de Modelos e Experiências de Avaliação de Políticas, Programas e Projetos. 1., Recife. **Anais...** 2010, p. 94-100.

STAPE, J. L. **Utilização de delineamento sistemático tipo “leque” no estudo de espaçamentos florestais.** Piracicaba, 1995. 96 p. Dissertação (Mestrado Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.

STAUT, L. A., *et al.* Influência da competição interespecífica no crescimento de pinhão-manso. In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS DE PINHÃO-MANSO, 1., 2011, Brasília. **Anais...** 2011.

STAUT, L. A.; SILVA, C. J.; CONCENÇO, G. Crescimento de plantas de pinhão-manso sob competição com plantas daninhas: Caule e Ramificações. In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS DE PINHÃO-MANSO, 1., 2011, Brasília. **Anais...** 2011.

TEIXEIRA, F. C. **Análise estatística espacial aplicada à um ensaio florestal.** Lavras, 2001. 77p. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agropecuária) - Universidade Federal de Lavras.

VELOSO, M. E. C.; ARAÚJO, E. C. E.; SOUSA, H. U. Agroenergia e as potencialidade do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) para a produção de óleo para biodiesel na região Meio-Norte do Brasil. **Embrapa Documentos 158**, Teresina, 22p.; 2007.