

Marcos Antônio Drumond¹, Anderson Ramos de Oliveira¹, Welson Lima Simões¹, Nilton Tadeu Vilela Junqueira², José Barbosa dos Anjos¹, Bruno Galveas Laviola³

PRODUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DA BIOMASSA DE *Jatropha curcas* NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Palavras chave:
Jatropha curcas
Semente oleaginosa
Produtividade

Histórico:
Recebido 11/06/2015
Aceito 08/01/2016

Keywords:
Jatropha curcas
Oilseed
Productivity

Correspondência:
anderson.oliveira@embrapa.br

RESUMO: Com o objetivo de avaliar a produção e distribuição da biomassa da parte aérea de diferentes genótipos de pinhão-mansão no semiárido brasileiro, foi implantado um experimento na Fazenda Gabriela, localizada no município de Santa Maria da Boa Vista, Pernambuco. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com dez tratamentos (genótipos de pinhão-mansão) e três repetições, em parcelas lineares de seis plantas, com bordadura simples e espaçamento de 3,0 x 2,0 m. Foram aplicadas uma adubação correspondente a 150 g de NPK (06:24:12) por cova no plantio e duas adubações de cobertura com 150 g.planta⁻¹ de NPK (10:10:10) aos seis e aos doze meses de idade. As plantas foram irrigadas semanalmente por gotejamento com uma aplicação média de 20 litros de água por planta durante o período de estiação da região. Aos 24 meses de idade, foi medida a altura total das plantas, o diâmetro médio das bifurcações a 1,30 m da superfície do solo e o número de bifurcações a 0,5 m de altura. Foram feitas 26 colheitas semanais de frutos/sementes. Os frutos foram colhidos maduros, antes de sua queda ao chão, durante sete meses. Os genótipos apresentaram elevada uniformidade agrônômica, exceto para a variável número de bifurcações, onde o genótipo 1701 foi superior aos genótipos 1501, 1602, 1703 e 1601. A produção de biomassa dos genótipos em condições irrigadas no semiárido é elevada e a distribuição da biomassa dos genótipos nos diferentes componentes seguiu a ordem decrescente: raiz>frutos>galhos grossos>folhas>casca>galhos finos.

PRODUCTION AND DISTRIBUTION OF *Jatropha curcas* BIOMASS IN THE BRAZILIAN SEMIARID

ABSTRACT: In order to assess production and distribution of biomass shoots of different genotypes of *Jatropha curcas* under irrigation in the semiarid region of Pernambuco, Brazil, an experiment was established in Gabriela Farm, in the municipality of Santa Maria da Boa Vista-PE. The experimental design was randomized blocks with ten treatments (genotypes of *Jatropha curcas*), and three replications in row plots of six plants, with a single border and spacing of 3.0 x 2.0 m. Plants were fertilized with 150 g of NPK (06:24:12) at planting time, and a topdressing with 150 g.planta⁻¹ NPK (10:10:10) applied at six and twelve months of age. The plants were irrigated weekly using a dripping system with an average water application of 20 l.plant⁻¹ during the dry period of the region. At 24 months of age, the overall height of the plants, the average diameter of bifurcations at 1.30m from the soil level and the number of bifurcations at 0.5 m of height were evaluated. Twenty six fruit/seed harvests were done weekly. Fruits were harvested ripe, before falling on the ground, for seven months. To determine dry biomass, the plants were cut at 0.30 m from soil level. The genotypes showed high agronomic uniformity, except for the variable number of bifurcations, where the genotype 1701 was superior to the genotypes 1501, 1602, 1703 and 1601. Biomass production of genotypes in irrigated conditions in the semiarid region is high and the distribution of biomass followed the decreasing order: root>fruit>thick branches>leaves>bark>thin branches.

¹ Embrapa Semiárido - Petrolina, Pernambuco, Brasil

² Embrapa Cerrados, - Planaltina, Distrito Federal, Brasil

³ Embrapa Agroenergia - Brasília, Distrito Federal, Brasil

DOI:

10.1590/01047760201622012031

INTRODUÇÃO

A crise energética mundial tem impulsionado a sociedade na busca por combustíveis alternativos que possam suprir a demanda energética de forma sustentável. Atualmente, a complexidade dos sistemas econômicos requer grande fluxo de energia e apenas o aumento da eficiência energética dos sistemas não conduzirá à redução na demanda energética mundial (SORREL, 2015), sendo necessário aumentar a oferta de fontes de energia. Dentre as alternativas energéticas, destaca-se a utilização dos biocombustíveis, os quais são oriundos da produção animal ou vegetal e, em sua maioria, apresentam características menos onerosas que os combustíveis de origem fóssil (petróleo), menos poluentes e, principalmente, caracterizam-se por serem renováveis.

O Brasil apresenta grande diversidade de matéria prima que pode ser convertida em biocombustível. O óleo das espécies oleaginosas, por exemplo, é matéria prima para a produção de biodiesel. Além das vantagens relatadas, as oleaginosas podem inserir o agricultor familiar na cadeia produtiva de biocombustíveis. De acordo com Miura et al. (2011), o Brasil apresenta-se com grande potencial para produção de agroenergia e exportação de biocombustíveis, sem que se coloque em risco a segurança alimentar.

No Semiárido Brasileiro, verifica-se que a vegetação, típica do Bioma Caatinga, tem características xerofíticas onde as espécies toleram vários meses de estiagem severa. Dentre as espécies mais adaptadas à região, o pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.), se destaca devido à alta capacidade de produzir óleo com potencial para ser utilizado como biodiesel.

A origem do pinhão-manso ainda é controversa, segundo Beltrão (2005) a espécie, provavelmente, se originou na América Central. Em estudo mais recente, Pecina-Quintero et al. (2014) sugerem que o pinhão-manso tenha surgido no México e que os centros de origem e domesticação sejam diferentes. As sementes do pinhão-manso têm de 1,5 a 2,0 cm de comprimento e de 1 a 1,3 cm de largura, apresentam teor de óleo variando entre 33 e 38%, e representam entre 53 e 79% do peso do fruto (DIAS et al., 2007). Contudo, Pandey et al. (2012) relatam que teor de óleo varia entre 25 e 40%; estes autores informam, ainda, que adicionalmente à capacidade de produzir óleo vegetal, o pinhão-manso é menos exigente em nutrientes e apresenta capacidade de recuperação de áreas degradadas em função de suas raízes profundas.

O seu sistema de cultivo ainda não está consolidado, o que limita fazer recomendações sobre

seu plantio (ACHTEN et al., 2008). Ainda persiste a observação feita por Araújo e Sousa (2008) de que os estudos sobre a variabilidade genética da espécie utilizando marcadores moleculares e outros métodos de melhoramento em plantas são insuficientes para recomendação de cultivo comercial, pois os programas de melhoramento com a espécie ainda são incipientes quando se refere a lançamento de cultivares no mercado (BELTRÃO et al., 2006; FERREIRA et al., 2013; IYAMA et al., 2013). Segundo Trabucco et al. (2010) as avaliações confiáveis de rendimento requerem conhecimento agroclimático e fisiológico, as quais ainda estão em fase de desenvolvimento. A colheita do pinhão manso é o grande gargalo do cultivo, pois não existe ainda uma colheitadeira mecânica para essa operação, exigindo número elevado de colheitas durante todo o ciclo (ARAÚJO; SOUSA, 2008). Ainda, na colheita manual, o custo da mesma supera o valor da produção.

Em relação à produtividade da espécie, os estudos têm demonstrado grande variabilidade. Em avaliações de Lal et al. (2004), na Índia, foram observados rendimentos máximos de produtividade de 4,10 t·ha⁻¹ e mínimos de 3,22 t·ha⁻¹. Drumond et al. (2010), avaliando o comportamento silvicultural e a produtividade de genótipos de pinhão-manso sob condições irrigadas no Semiárido nordestino brasileiro, relataram produtividades variando de 2,85 a 3,54 t·ha⁻¹. Laviola et al. (2014) avaliando o desempenho agrônomo de 18 famílias de meios-irmãos de pinhão-manso em três regiões do Brasil, verificaram produtividades entre 470 e 2.048 kg·ha⁻¹.

Dentre os aspectos culturais de desempenho da espécie, a compreensão da partição da biomassa na planta é fundamental para auxiliar no manejo cultural e dar suporte às avaliações de estoque de carbono promovidas pela cultura. De acordo com estudo de Torres et al. (2011), o pinhão-manso é favorecido pelo aumento em peso (t·ha⁻¹) em todos os componentes (raízes, tronco e galhos) ao longo de três ciclos, sendo que o tronco e os galhos, seguido de raízes grossas e raiz principal, acumulam o maior estoque de carbono.

Uma das práticas agrícolas realizadas durante o cultivo da espécie é a poda dos ramos, a qual poderá interferir na partição da biomassa da parte aérea. Segundo Ghosh et al. (2011), a poda auxilia no aumento da floração da espécie, uma vez que as flores do pinhão-manso são originadas nas bifurcações, aumentando a frutificação por causa de formação de maior número de ramos laterais devido à supressão da dominância apical.

Desta forma, a poda além de interferir na partição da biomassa também influencia na produtividade da cultura.

Assim, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a produção e distribuição da biomassa dos componentes das plantas de diversos genótipos de pinhão-manso, no segundo ano de cultivo, sob irrigação, no Semiárido brasileiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado na Fazenda Gabriela, localizada no Município de Santa Maria da Boa Vista, Pernambuco (9° 03' S, 39° 58' W e altitude de 361 m). A precipitação pluvial média anual da região é 600 mm, concentrada no período de janeiro a março, com temperatura média diária de 26,2 °C.

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com dez tratamentos (genótipos superiores de pinhão-manso, selecionados num pré-ensaio, realizado em Petrolina-PE) e três repetições, em parcelas lineares de seis plantas, com bordadura simples e espaçamento de 3,0 x 2,0 m. As plantas foram adubadas com 150 g de NPK com formulação 06:24:12, no ato do plantio, sendo aplicada uma adubação de cobertura com 150 g.planta⁻¹ de NPK (10:10:10) aos seis e aos doze meses de idade. As plantas foram irrigadas semanalmente por gotejamento com uma aplicação média de 20 litros de água por planta.

O experimento foi implantado com mudas oriundas de sementes e ao final do primeiro ciclo de cultivo de pinhão-manso, aos 12 meses de idade, todas as plantas foram podadas na altura de 0,30m do nível do solo. A partir da realização da poda iniciaram-se as avaliações. Assim, foram realizadas manualmente 26 colheitas, durante um período de sete meses, cuja soma das colheitas representa a produção do ano agrícola. Os frutos foram colhidos maduros, apresentando coloração marrom escura, antes da sua queda ao chão, e pesados separadamente, para cada genótipo.

Ao final dos 12 meses deste segundo ciclo de cultivo de pinhão-manso, avaliou-se a sobrevivência; a altura total das plantas, considerando a distância entre a superfície do solo e a copa, expressa em metro; o diâmetro médio das bifurcações, medido com o auxílio de um paquímetro, a 1,30 m da superfície do solo e o número de bifurcações a 0,50 m de altura, expresso em centímetros.

Para avaliar o sistema radicular, foi feita uma amostragem destrutiva, arrancando a planta mediana de cada genótipo e medindo o peso total das raízes, o comprimento e o diâmetro alcançado pela raiz principal (medido a 0,10 m abaixo da superfície do solo). Para

determinação da biomassa, todos os componentes das plantas (raiz, galhos grossos, casca, galhos finos, folhas e frutos) foram colhidos e pesados, separadamente. Tanto a raiz principal quanto as raízes finas foram pesadas para determinação da biomassa. Em seguida as amostras destes componentes foram secadas à 45°C, em estufa de ventilação forçada até atingir peso constante, para determinação da biomassa seca.

As análises estatísticas foram realizadas no programa SISVAR (FERREIRA, 2011), utilizando-se o teste de Duncan com 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise das variáveis biométricas que caracterizam o desempenho agrônomo dos genótipos resultou em não significância para a maioria dos parâmetros analisados, conforme pode ser observado na Tabela 1. O alto índice de sobrevivência dos genótipos pode estar relacionado à forma de propagação da espécie por meio de sementes. De acordo com Kumar e Sharma (2008), as mudas de pinhão-manso produzidas por vias que não sejam a partir de sementes, não apresentam a raiz principal, tornando-se menos tolerantes à seca e as raízes produzidas nestas condições só conseguem penetrar 2/3 do potencial que a raiz principal, originada da semente, poderia alcançar.

Em relação à altura, pode-se verificar que os genótipos apresentaram altura média de 2,9 m aos 24 meses de idade. Considerando a uniformidade na altura das plantas, verifica-se o potencial de utilização destes genótipos em programas de melhoramento, pois os mesmos se desenvolveram satisfatoriamente em condições irrigadas na região semiárida. De acordo com Openshaw (2000), o pinhão-manso é planta arbustiva, de rápido crescimento, que pode atingir mais de 5 m de altura. Por outro lado, Divakara et al. (2010) relatam que a planta pode atingir altura de 8 m em condições favoráveis.

A altura média foi duas vezes maior do que a altura média relatada em trabalho de Santos et al. (2010), onde, aos 21 meses, as plantas apresentavam apenas 1,47 m.

A variável diâmetro do colmo também não apresentou diferenças estatísticas entre os genótipos analisados. Os genótipos apresentam comportamento similar, o que demonstra que os mesmos podem apresentar potencial para serem utilizados em programas de melhoramento genético da espécie. Segundo Fernandes (2010), as variáveis altura e diâmetro quando obedecem a certo comportamento comum, em genótipos de pinhão-manso, passam a ter interesse para seleção precoce de características nesta espécie.

TABELA 1 Desempenho agrônomico dos diferentes genótipos de *Jatropha curcas* L. aos 24 meses de idade, Santa Maria da Boa Vista, Pernambuco, Brasil.**TABLE 1** Agronomic performance of different genotypes of *Jatropha curcas* L. at 24 months of age, Santa Maria da Boa Vista, Pernambuco, Brazil.

Genótipo	Sobrevivência (%)	Altura (m)	Diâmetro do colmo (cm)	Número de bifurcações	Comprimento da raiz (m)	Diâmetro da raiz (cm)
1701	100 ns	2,9 ns	2,9 ns	14,0 a	0,87 ns	4,1 ns
1603	100 ns	3,0 ns	2,8 ns	13,7 ab	0,87 ns	4,0 ns
1702	100 ns	2,8 ns	2,9 ns	13,7 ab	0,87 ns	4,2 ns
2201	100 ns	2,9 ns	2,8 ns	13,3 ab	0,87 ns	4,1 ns
2304	100 ns	2,9 ns	3,1 ns	12,7 abc	0,83 ns	4,5 ns
1502	100 ns	2,9 ns	3,1 ns	12,7 abc	0,87 ns	4,5 ns
1501	100 ns	3,0 ns	2,9 ns	12,0 bc	0,87 ns	4,3 ns
1602	100 ns	3,0 ns	2,8 ns	12,0 bc	0,87 ns	4,1 ns
1703	100 ns	2,9 ns	2,7 ns	12,0 bc	0,80 ns	4,0 ns
1601	100 ns	2,9 ns	2,8 ns	11,3 c	0,83 ns	4,0 ns
CV	-	4,8	6,9	7,1	5,2	6,5
Média	100	2,9	2,9	12,7	0,86	4,2

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. *ns - não significativos

Dentre as variáveis analisadas relacionadas ao desempenho agrônomico, apenas o número médio de bifurcações apresentou diferença significativa, sendo o genótipo 1701 superior em relação aos genótipos 1601, 1703, 1602 e 1501. O número de bifurcações é característica relevante na análise de produção do pinhão-manso. Tal característica pode ser manejada, adequadamente, por meio da poda, para se alcançar maior produção de sementes. Segundo Anez et al. (2005), quanto maior for o número de ramificações na planta maior será, possivelmente, sua produtividade, visto que a primeira inflorescência do pinhão-manso é apical; com o surgimento de brotações em ramos secundários, estes passam a apresentar competição com a dominância apical. Silva et al. (2012), avaliando a possibilidade de concentração do ciclo de produção de pinhão-manso, por meio do emprego de diferentes podas de formação e de produção, verificaram que a poda de formação reduziu o período de colheita de 120 para 48 dias, mas com prejuízo significativo para a produtividade no primeiro ciclo. Porém, concluíram que a poda de produção pode concentrar a colheita em 90 dias e, em alguns casos, aumentar a produtividade das plantas em ciclos futuros.

Ao selecionar as características desejáveis em um programa de melhoramento genético na cultura do pinhão-manso deve-se levar em consideração o número de bifurcações da espécie, uma vez que quanto maior o número de bifurcações maior será o número de terminações (ramos) produtivas.

As variáveis comprimento e diâmetro da raiz principal resultaram em valores médios de 0,85 m e 4,2

cm, respectivamente, não havendo diferenças entre os genótipos estudados.

Observa-se, na Tabela 2, que não houve diferença significativa para o peso de raízes, que apresentou a média geral de 5.016 kg·ha⁻¹. Resultados semelhantes foram observados por Torres et al. (2011) que, ao estudarem a biomassa seca das raízes do pinhão-manso aos 24 meses, constataram produção de 4.667 kg·ha⁻¹.

Como as plantas foram podadas à 0,30m, as bifurcações deixadas variaram em número de 11 a 14, não existindo um tronco (fuste) principal, sendo portanto considerados como galhos grossos. Assim, para os galhos grossos, observa-se que a biomassa seca do genótipo 1702 (5.812 kg·ha⁻¹) foi superior à biomassa dos genótipos 1703, 1602, 1603, 1502 e 2304. Os resultados obtidos para a variável biomassa seca dos galhos finos mostram que houve efeito significativo pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade entre os genótipos de pinhão-manso avaliados, verificando-se que o genótipo 1501 apresentou a maior média de biomassa seca de galhos finos por planta sem apresentar diferença significativa em relação ao genótipo 1702. Por outro lado, o genótipo 1703 apresentou o menor valor diferindo estatisticamente apenas dos genótipos 1501 e 1702. No trabalho de Torres et al. (2011), a soma da biomassa seca dos galhos foi de 2.919 kg, inferior aos resultados encontrados neste estudo, uma vez que apenas os valores da biomassa dos galhos secos dos diferentes genótipos já demonstram produção superior.

TABELA 2 Produção e distribuição da biomassa seca ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e distribuição média percentual (valores entre parênteses) dos diferentes componentes das plantas dos genótipos de *Jatropha curcas* L aos 24 meses de idade, Santa Maria da Boa Vista, Pernambuco, Brasil.

TABLE 2 Production and distribution of dry biomass ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) and average percentage distribution (values in parentheses) of the different components of the plants of *Jatropha curcas* L. genotypes at 24 months of age, Santa Maria da Boa Vista, Pernambuco, Brazil.

Genótipo	Biomassa seca ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)							Total
	Raiz	Galhos Grossos	Galhos Finos	Casca	Folha	Frutos (P + S)	Semente	
1501	5.103 a	4.971 ab	1.737 a	1.813 b	3.426 ab	5.493 a	3.955 a	22.544 ab
1701	5.008 a	4.002 ab	955 c	2.413 ab	2.354 b	5.482 a	3.947 a	20.213 ab
2304	5.036 a	3.626 b	738 c	2.046 ab	2.342 b	5.348 a	3.850 a	19.136 ab
1502	4.931 a	3.721 b	921 c	2.251 ab	2.477 b	5.247 ab	3.777 ab	19.548 ab
1603	5.122 a	3.788 b	855 c	2.522 ab	2.489 b	5.018 ab	3.613 ab	19.796 ab
1602	5.132 a	3.627 b	641 c	2.140 ab	2.227 b	4.759 ab	3.427 ab	18.527 b
2201	5.075 a	4.048 ab	996 bc	2.520 ab	2.640 b	4.687 ab	3.375 ab	19.967 ab
1702	4.854 a	5.812 a	1.492 ab	3.139 a	4.216 a	4.604 ab	3.315 ab	24.117 a
1601	4.969 a	4.219 ab	904 c	2.114 ab	2.674 b	4.559 ab	3.283 ab	19.439 ab
1703	4.931 a	3.291 b	596 c	2.126 ab	2.457 b	4.384 b	3.157 b	17.785 b
CV	4,8	24,7	30,1	27,7	28,3	9,7	9,7	12,9
Média	5.016 (25)	4.111 (20)	984 (5)	2.308 (11)	2.730 (14)	4.958 (25)	3.570 (18)	20.107 (100)

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade P + S = Palha + Semente

Para biomassa da casca, observa-se o genótipo 1702 ($3.139 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) também apresentou maior valor, diferindo-se significativamente do 1501.

Em relação à biomassa de folhas, observa-se o genótipo 1702 ($4.216 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) apresentou o maior valor, não se diferindo significativamente do genótipo 1501. Para biomassa dos frutos, observa-se que o genótipo 1703 apresentou o menor valor, diferindo-se estatisticamente dos genótipos 1501, 1701 e 2304. Para as variáveis que apresentaram diferença estatística, observa-se que a produção total de biomassa dos genótipos 1602 e 1703 (18.527 e $17.785 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ respectivamente) foram estatisticamente inferiores a do genótipo 1702 ($24.117 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), que não diferiu estatisticamente dos demais. A produção média de sementes ($3.570 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) dos diferentes genótipos, equivalente a 18% da biomassa total ($20.107 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), variou de 3.157 a $3.955 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, sendo que o genótipo 1703 ($3.157 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) foi estatisticamente inferior aos demais. Estes valores corroboram com o estudo de Lal et al. (2004), na Índia, onde foi observada produtividade variando de 3.200 a $4.100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de sementes.

A biomassa total média produzida pelas plantas de pinhão-mansão foi de $20.107 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ e sua distribuição seguiu a ordem decrescente: raiz>frutos>galhos grossos>folhas>casca>galhos finos, diferindo da sequência observada por Drumond et al. (2008), para as espécies arbóreas introduzidas, de uso múltiplo potenciais para a região Semiárida (lenho>galhos grossos>raiz>galhos finos>casca>folhas), que

destinaram seu esforço reprodutivo para produção de madeira. Os resultados assemelham-se aos de Toledo et al. (2012) que ao analisarem a biomassa média por parte da planta do pinhão-mansão, verificaram que a distribuição seguiu a seguinte ordem: ramos>raízes>folhas.

CONCLUSÕES

Os genótipos apresentaram elevada uniformidade em relação ao desempenho agrônômico, exceto para a variável número de bifurcações, onde o genótipo 1701 foi superior aos genótipos 1501, 1602, 1703 e 1601.

A produção de biomassa dos genótipos em condições irrigadas no semiárido é elevada e a distribuição da biomassa dos genótipos nos diferentes componentes seguiu a ordem decrescente: raiz>frutos>galhos grossos>folhas>casca>galhos finos.

AGRADECIMENTOS

À FINEP pelo apoio financeiro, ao CNPq pela bolsa concedida e à Fazenda Gabriela pela parceria na realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ACHTEN, W. M. J.; VERCHOT, L.; FRANKEN, Y. J.; MATHIJS, E.; SINGH, V. P.; AERTS, R.; MUYS, B. *Jatropha* bio-diesel production and use. **Biomass and Bioenergy**, v. 32, n. 12, p. 1063-1084, 2008.

- ANEZ, L. M. M.; COELHO, M. F. B.; ALBUQUERQUE, M. C. F.; DOMBROSKI, J. L. D. Caracterização morfológica dos frutos, das sementes e do desenvolvimento das plântulas de *Jatropha elliptica*. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 28, n. 3, p. 563-568, 2005.
- ARAÚJO, L. G.; SOUSA, K. C. I. Pinhão manso para produção de biodiesel. **Revista Anhangüera**, v. 9, n. 1, p. 95-119, 2008.
- BELTRÃO, N. E. de M.; SEVERINO, L. S.; VELOSO, J. F.; JUNQUEIRA, N.; FIDELIS, M.; GONÇALVES, N. P.; SATURNINO, H. M.; ROSCOE, R.; GAZZONI, D.; DUARTE, J. O.; DRUMOND, M. A.; ANJOS, J. B. **Alerta sobre o plantio de pinhão manso no Brasil**. Campina Grande: EMBRAPA Algodão, 2006. 15 p. (Documentos, 155).
- BELTRÃO, N. E. M. **Agronegócio das oleaginosas no Brasil**. Informe Agropecuário, v. 26, p.44-78, 2005.
- DIAS, L. A. S.; LEME, L. P.; LAVIOLA, B. G.; PALLINI FILHO, A.; PEREIRA, O. L.; CARVALHO, M.; MANFIO, C. E.; SANTOS, A. S.; SOUSA, L. C. A.; OLIVEIRA, T. S.; DIAS, D. C. F. S. **Cultivo de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) para produção de óleo combustível**. Viçosa, MG: UFV, 2007. 40 p.
- DIVAKARA, B. N.; UPADHYAYA, H. D.; WANI, S. P.; GOWDA, C. L. L. Biology and genetic improvement of *Jatropha curcas* L.: a review. **Applied Energy**, v. 87, n. 3, p. 732-742, 2010.
- DRUMOND, M. A.; PIRES, I. E.; OLIVEIRA, V. R.; OLIVEIRA, A. R.; ALVAREZ, I. A. Produção e distribuição de biomassa de espécies arbóreas no Semi-Árido brasileiro. **Revista Árvore**, v. 32, n. 4, p. 665-669, 2008.
- DRUMOND, M. A.; SANTOS, C. A. F.; OLIVEIRA, V. R.; MARTINS, J. C.; ANJOS, J. B.; EVANGELISTA, M. R. V. Desempenho agrônomico de genótipos de pinhão manso no Semiárido pernambucano. **Ciência Rural**, v. 40, n. 1, p. 44-47, 2010.
- FERNANDES, K. H. P. **Variabilidade genética para caracteres de crescimento em progênies de pinhão manso *Jatropha curcas***. 2010. 37 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio De Mesquita Filho", Botucatu, 2010.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FERREIRA, W. J.; BATISTA, G. T.; CASTRO, C. M.; DEVIDE, A. C. P. Biodiesel de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em países emergentes: alternativa para o desenvolvimento regional. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 9, n. 1, p. 3-16, 2013.
- GHOSH, A.; CHIKARA, J.; CHAUDARY, D.,R. Diminution of economic yield as affected by pruning and chemical manipulation of *Jatropha curcas* L. **Biomass and Bioenergy**, v. 35, p. 1021-1029, 2011.
- IYAMA, M.; NEWMAN, D.; MUNSTER, C.; NYABENGE, M.; SILESHI, G. W.; MORAA, V.; ONCHIEKU, J.; MOWO, J. G.; NADASS, R. Productivity of *Jatropha curcas* under small holder farm conditions in Kenya. **Agroforestry Systems**, v. 87, n. 4, p. 729-746, 2013.
- KUMAR, A.; SHARMA, S. An evaluation of multipurpose oil seed crop for industrial uses (*Jatropha curcas*): a review. **Industrial Crops and Products**, v. 28, n. 1, p. 1-10, 2008.
- LAL, S. B.; MEHERA, B.; CHANDRA, R.; LARKIN, A. Performance evaluation of *Jatropha curcas* in different districts of Uttar Pradesh. **New Agriculturist**, v. 15, n. 1/2, p. 141-144, 2004.
- LAVIOLA, B. G.; SILVA, S. D. A. E.; JUHÁSZ, A. C. P.; ROCHA, R. B.; OLIVEIRA, R. J. P.; ALBRECHT, J. C.; ALVES, A. A.; ROSADO, T. B. Desempenho agrônomico e ganho genético pela seleção de pinhão-manso em três regiões do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 5, p. 356-363, 2014.
- MIURA, A. K.; FORMAGGIO, A. R.; SHIMABUKURO, Y. E.; ANJOS, S. D.; LUIZ, A. J. B. Avaliação de áreas potenciais ao cultivo de biomassa para produção de energia e uma contribuição de sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 3, p. 607-620, 2011.
- OPENSHAW, K. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. **Biomass and Bioenergy**, v. 19, n. 1, p. 1-15, 2000.
- PANDEY, V. C.; SINGH, K.; SINGH, J. S.; KUMAR, A.; SINGH, B.; SINGH, R. P. *Jatropha curcas*: a potential biofuel plant for sustainable environmental development. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, p. 2870-2883, 2012.
- PECINA-QUINTERO, V.; ANAYA-LÓPEZ, J. L.; ZAMARRIPA-COLMENERO, A.; NÚÑEZ-COLÍN, C. A.; MONTES-GARCÍA, N.; SOLÍS-BONILLA, J. L.; JIMÉNEZ-BECERRIL, M. F. Genetic structure of *Jatropha curcas* L. in Mexico and probable centre of origin. **Biomass and Bioenergy**, v. 60, p. 147-155, 2014.
- SANTOS, C. M.; ENDRES, L.; WANDERLEY FILHO, H. C. L.; ROLIM, E. V.; FERREIRA, V. M. Fenologia e crescimento do pinhão-manso cultivado na Zona da Mata do Estado de Alagoas, Brasil. **Scientia Agraria**, v. 11, n. 3, p. 201-209, 2010.
- SILVA, V. A.; MORAIS, D. L. B.; KAKIDA, J.; FERREIRA, E. A.; SILVA, V. F. Concentração do ciclo de produção de pinhão-manso por meio de podas de formação ou de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 1, p. 134-137, 2012.
- SORREL, S. Reducing energy demand: a review of issues, challenges and approaches. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 47, p. 74-82, 2015.
- TOLEDO, D. P.; JACOVINE, L. A. G.; TORRES, C. M. M. E.; SOARES, C. P. B. Equação de biomassa e estoque de carbono do pinhão manso, no município de Viçosa, MG. **Ciência Rural**, v. 42, n. 11, p. 1998-2004, 2012.

TORRES, C. M. M. E.; JACOVINE, L.A.G.; TOLEDO, D.P.; SOARES, C.P.B.; RIBEIRO, S.C.; MARTINS, M. C. Biomass and carbon stock in *Jatropha curcas* L. **Cerne**, v. 17, n. 3, p. 353-359, 2011.

TRABUCCO, A.; ACHTEN, W. M. J.; BOWE, C.; AERTS, R.; ORSHOVEN, J. V.; NORRGROVE, L.; MUYS, B. Global mapping of *Jatropha curcas* yield based on response of fitness to present and future climate. **Global Change Biol. Bioenergy**, v. 2, n. 3, p. 139-151, 2010.

