

Características físicas de sementes de pinhão-mansoso em função do teor de água

Physical characteristics of *Jatropha* seeds depending on the water content

Antonio Tassio Santana Ormond¹; João Angelo Silva Nunes²; Carlos Caneppele³; Fernando João Bispo Brandão⁴; Felipe Teixeira Barbosa⁵

¹ Doutorando em Agronomia, Universidade Estadual Paulista (UNESP-Jaboticabal).

² Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT-Rondonópolis).

³ Professor Adjunto, Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT-Cuiabá).

⁴ Doutorando em Agronomia, Universidade Estadual Paulista (UNESP-Botucatu).

⁵ Engenheiro Agrícola e Ambiental.

Resumo: Com a busca por fontes de combustível renovável para substituição do petróleo, tem aumentado o interesse por oleaginosas como o pinhão mansoso em relação às características físicas das sementes para armazenagem. O trabalho teve como objetivo a avaliação das propriedades físicas de sementes pinhão-mansoso armazenadas com diferentes umidades. A pesquisa foi realizada no Laboratório de Tecnologia de Pós-Colheita, do Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Universidade Federal de Mato Grosso, campus de Rondonópolis. Foi utilizado delineamento experimental inteiramente casualizado com três tratamentos (5, 10.5 e 12% de umidade das sementes) e sete repetições. As variáveis analisadas foram: ângulo de repouso, formato dos grãos (comprimento, largura, espessura e esfericidade), massa específica e porosidade. O teor de água influencia nas características físicas avaliadas de sementes de pinhão-mansoso, exceto para o ângulo de repouso. A umidade de sementes de pinhão-mansoso em 5% proporciona maiores valores de esfericidade e porosidade, enquanto para massa específica se encontrou maior valor na umidade de 12%.

Palavras-chave: Ângulo de repouso. Porosidade. Umidade.

Abstract: With the search for renewable fuel oil substitution, it has increased interest in oilseeds as *Jatropha* seeds in relation to the physical characteristics of seeds for storage. This study aimed to evaluate the physical properties of *Jatropha* seeds stored at different moistures. The study was conducted at the Laboratory of Post Harvest Technology, Institute of Agricultural Sciences and Technology, Federal University of Mato Grosso, Rondonópolis campus. It was used a completely randomized design with three treatments (5, 10.5 and 12% moisture content of the seeds) and seven repetitions. The variables analyzed were: angle of

repose, grain size (length, width, thickness and sphericity), specific mass and porosity. The water content influences the physical characteristics evaluated in *Jatropha* seeds, except for the angle of repose. The moisture seeds of *Jatropha* seeds in 5% provides higher values of sphericity and porosity, while for specific mass it was found a higher value in 12% moisture.

Keywords: Angle of repose. Porosity. Moisture.

Introdução

A matriz energética atual tem passado por mudanças, em que se buscam formas para substituição do petróleo, reduzindo a dependência desse recurso natural não renovável, que contribui para emissão de poluentes no planeta ao longo dos anos (SILVA *et al.*, 2012). A evolução tecnológica vivenciada tem sido fortemente associada à necessidade de incremento na demanda energética, hoje essencial à melhoria de sua qualidade de vida e ao desenvolvimento econômico (FERREIRA *et al.*, 2013).

O pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) é uma oleaginosa com grande potencial na produção de biodiesel, entre outras destinações na indústria (SILVA *et al.*, 2012). Ela tem potencial de se adaptar às condições adversas ao seu desenvolvimento, sendo cultivada em todo Brasil (RESENDE *et al.*, 2011). O interesse por essa oleaginosa tem aumentado devido à sua promissora utilização como matéria-prima na produção do biodiesel. Porém, ainda não há regras e padrões para produção, comercialização e avaliação da qualidade de suas sementes (EVENCIO *et al.*, 2011).

A armazenagem dos produtos agrícolas é uma ótima alternativa para atender à logística na produção de alimentos. Como a produção de pinhão manso não ocorre durante todo o ano, o armazenamento é de fundamental importância para garantir a oferta do produto no período de entressafra (CHAVES *et al.*, 2012).

Na pós-colheita dos produtos vegetais, a secagem é o processo mais utilizado para assegurar sua qualidade e estabilidade, considerando que a redução do teor de água do material reduz a atividade biológica e as mudanças químicas e físicas que ocorrem durante o armazenamento (RESENDE *et al.*, 2011). Segundo Silva (2008), o teor de água das sementes, a temperatura e a umidade relativa do ar são consideradas cruciais à interação de fatores bióticos e abióticos que promovem a deterioração das sementes.

O volume dos produtos é, normalmente, a característica física que mais sofre variação durante a secagem, proporcionando, muitas vezes, redução no seu tamanho ou até mesmo na sua forma geométrica. São essas características que, na verdade, determinam o tamanho e a forma dos furos das peneiras utilizadas no beneficiamento dos produtos agrícolas após a colheita (ARAÚJO *et al.*, 2014).

As características físicas tais como forma e tamanho são de grande interesse para o controle e automação de equipamentos, visando melhorar a qualidade do produto, agregando valor econômico e, conseqüentemente, reduzindo custos com mão de obra e tempo na operação de processamento e de pós-colheita (NUNES *et al.*, 2014; PEREIRA *et al.*, 2014; RUFFATO *et al.*, 1999).

Nesse contexto, informações sobre tamanho, volume, porosidade e massa específica, dentre outras características apresentadas por produtos vegetais são tidas de

grande relevância para estudos investigativos sobre transferência de calor e massa e movimentação do ar em massas granulares (GONELI *et al.*, 2011; JESUS *et al.*, 2013).

De acordo com Siqueira *et al.* (2012a), porosidade é a relação entre o volume ocupado pelo ar intergranular de determinado produto e o volume total ocupado por essa massa granular. O teor de água dos produtos agrícolas é um importante fator que determina a variação da porosidade dos grãos, pois grãos com maiores teores de água apresentam uma tensão superficial maior que grãos mais secos.

Segundo Elias (2008), o ângulo de repouso é aquele formado entre a superfície da massa de grãos e o plano horizontal, quando descarregados numa superfície plana. Alguns grãos tendem a ocupar a maior área possível, formando um ângulo de repouso pequeno, enquanto que outros não.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo a avaliação das propriedades físicas de sementes pinhão-manso armazenadas com diferentes umidades.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado no Laboratório de Tecnologia de Pós-Colheita, do Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas do Campus Universitário de Rondonópolis da Universidade Federal de Mato Grosso. O experimento foi realizado em delineamento experimental inteiramente casualizado com três tratamentos (5, 10,5 e 12% de umidade das sementes) e sete repetições.

As variáveis analisadas foram: ângulo de repouso, formato dos grãos (comprimento, largura, espessura e esfericidade), massa específica e porosidade. Os parâmetros avaliados seguiram as Regras de Análises de Sementes determinadas pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2009).

A determinação do ângulo de repouso foi realizada com a utilização de um protótipo desenvolvido no laboratório de Tecnologia em Armazenagem, da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade Federal de Mato Grosso, onde foi medido o máximo talude formado pelos grãos em queda. O equipamento era constituído de uma caixa retangular construída em vidro e madeira (Figura 1).

Figura 1. Determinação do ângulo de repouso das sementes de pinhão manso.



Para determinação do ângulo de repouso, as sementes de pinhão-mansó foram derramadas através de uma moega com velocidade constante, formando um amontoado suficiente para determinar o ângulo de repouso. O método de determinação do ângulo de repouso consiste na utilização da equação trigonométrica expressa abaixo:

$$\arctg = \frac{\text{base}}{\text{altura}} \quad \text{Equação 1}$$

No entanto, foram calculadas as tangentes e o arco tangente para obter o ângulo de repouso das sementes de pinhão-mansó em função da umidade das mesmas, a partir de medições diretas no aparelho (comprimento e altura da massa de grãos no aparelho), realizadas com uma régua graduada em milímetros.

As dimensões das sementes foram determinadas com o auxílio de um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm (Figura 2), onde foram medidos o comprimento, a largura e a espessura das sementes, utilizando-se 10 repetições para cada umidade de sementes observada (BRASIL, 2009).

Figura 2. Medição das dimensões das sementes com paquímetro digital.



A esfericidade das sementes de pinhão-mansó, em porcentagem (%), foi calculada através dos valores observados nos eixos ortogonais (dimensões das sementes), onde foi utilizada a expressão a seguir:

$$E = \left[\frac{(abc)^{1/3}}{a} \right] 100 \quad \text{Equação 2}$$

em que:

a: comprimento ou maior eixo, mm;

b: largura ou eixo médio, mm;

c: espessura ou menor eixo, mm;

E: esfericidade, %.

A porosidade foi obtida pela complementação de líquidos, realizando-se o seguinte procedimento: os grãos foram colocados em uma proveta de volume conhecido até atingir a marca graduada para a complementação da massa de grãos. Em uma segunda proveta, adicionou-se 100 mL de líquido, que posteriormente foi transferido para a proveta com os grãos até atingir o nível da superfície (SANTOS *et al.*,

2012; ORMOND *et al.*, 2013), em que a relação entre o volume de óleo vegetal adicionado e o volume da massa de grãos proporcionou o valor da porosidade das sementes de pinhão-manso.

Os valores do peso hectolitro foram obtidos em balança de peso hectolitro de um quarto de litro da marca DalleMolle, realizado de acordo com a metodologia descrita nas Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009), com sete repetições, e os resultados foram utilizados para a determinação da massa específica.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e, quando significativos ao teste de Tukey, ambos a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

Resultados e Discussão

A análise de variância mostrou diferença significativa para as variáveis analisadas, exceto ângulo de repouso. A variável ângulo de repouso não se diferenciou significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, em função do teor de água nas sementes de pinhão manso.

Silva *et al.* (2014), ao avaliarem a cultura do amendoim submetido a diferentes umidades (entre 4,5 e 10,5%), observaram que a umidade de 6,98% foi a que proporcionou um menor ângulo de repouso, enquanto que Lanaro *et al.* (2011), ao avaliarem a variação do ângulo de repouso na cultura do feijão fradinho em função do teor de água presente nos grãos, observaram que, na umidade de 11,9% b.u., obteve-se um ângulo de repouso de 25°.

O resultado encontrado no presente trabalho está de acordo com Elias (2008), em que, para esse autor, os menores ângulos de repouso ocorrem em grãos esféricos, grandes, lisos, sadios, íntegros, limpos e secos. Assim, segundo Pohndorf *et al.* (2011), quanto menor o ângulo de repouso maior será o volume de grãos que poderão ser armazenados em um silo, com acomodação natural do produto.

A massa específica aparente de sementes de pinhão-manso se diferenciou estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade entre os três teores de água avaliados, sendo que, na medida em que se aumentou o teor de água presente nas sementes de pinhão-manso, também houve aumento na massa específica aparente, em que a menor e maior massa específica aparente foram de 422,27 e 434,20 kg m⁻³ nas umidades de 5,0 e 12,0%, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1. Análises das características físicas de sementes de pinhão-manso.

Teor de Água (%)	Análises Físicas		
	Angulo de Repouso (°)	Massa Específica (kg m ⁻³)	Porosidade (%)
5,0	25,90 a*	422,27 c	49,00 a
10,5	26,70 a	431,35 b	40,50 b
12,0	26,56 a	434,20 a	38,75 c

* Letras minúsculas iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Ao avaliarem duas cultivares de feijão (BRS Valente e BRS Pontal) submetidas a teores de água, Jesus *et al.* (2013) observaram que não houve diferença significativa na massa específica aparente em função das cultivares de feijão utilizadas, porém houve diferença significativa em função do teor de água presente nas sementes de feijão, sendo que a umidade de 10% proporcionou maiores valores de massa específica aparente ($757,06 \text{ kg m}^{-3}$) entre os teores de água avaliados. Na medida em que se aumentou a umidade das sementes, houve uma redução nos valores de massa específica aparente, sendo que, na umidade de 18%, obteve-se a massa específica de $738,66 \text{ kg m}^{-3}$, sendo assim, os resultados encontrados por esses autores para a cultura do feijão tiveram resposta inversa ao do presente trabalho.

Por outro lado, Siqueira *et al.* (2012b) observaram que, com a redução do teor de água (9,09 a 33,33%), também ocorreu a redução da massa específica aparente na cultura do pinhão-manso, independente da temperatura de secagem utilizada. Os menores e maiores valores observados por esses autores foram $416,01$ e $524,57 \text{ kg m}^{-3}$, para os teores de água de 9,09 e 33,33% e temperaturas de 45 e 105 °C, respectivamente. Segundo esses mesmos autores, essa diferença pode ser decorrência do fenômeno da histerese, uma vez que a contração dos poros capilares das sementes durante a secagem não acontece na mesma proporção durante a expansão dos mesmos durante o reumedecimento.

O espaço poroso entre sementes de pinhão-manso é influenciado pela diferença de umidade presente nas mesmas, havendo diferença significativa a 5% de probabilidade para a porosidade de sementes de pinhão manso em função do teor de água, sendo que, de acordo com que se diminuiu a umidade das sementes, houve um aumento na porosidade intergranular, variando de 49 a 38,5% para as umidades de 5 e 12%, respectivamente.

Siqueira *et al.* (2012b), ao avaliarem o comportamento de sementes de pinhão-manso em função de temperatura de secagem e teores de água, observaram que a porosidade variou de 48,38 a 44,48%, com a redução do teor de água de 33,33 para 9,09% (b.u.). A variação entre porosidade encontrada por esses autores foi inferior aos valores encontrados no presente trabalho, sendo de 3,9 e 10,5, respectivamente.

Os valores de porosidade encontrados para a cultura do pinhão-manso na faixa de umidade avaliada são superiores aos encontrados na literatura para outras culturas, como trigo (ORMOND *et al.*, 2013), amendoim (ARAUJO *et al.*, 2014) e feijão (RESENDE *et al.*, 2005).

O teor de água influencia estatisticamente na esfericidade de sementes de pinhão-manso a 5% de probabilidade, sendo que com 5,0% de umidade obteve-se a maior esfericidade (63,85%) (Tabela 2) entre os teores de água avaliados. As umidades de 10,5 e 12,0% não se diferiram estatisticamente, sendo que, para esses valores, as esfericidades foram 61,73 e 61,68%, respectivamente.

Tabela 2. Análises dos eixos ortogonais de sementes de pinhão-manso.

Teor de Água (%)	Análises Físicas			
	Eixos Ortogonais (mm)			Esfericidade (%)
	A	B	C	
5,0	19,00 b*	11,25 a	8,35 a	63,85 a
10,5	19,83 a	11,24 a	8,23 a	61,73 b
12,0	16,96 c	9,18 b	7,35 b	61,68 b

* Letras minúsculas iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Araújo *et al.* (2014), ao avaliarem a cultura do amendoim durante a secagem, observaram que quanto à esfericidade houve um gradiente de redução dos seus valores com o decréscimo do teor água. Esses autores também observaram que a esfericidade manteve seus valores abaixo de 80%, evidenciando a incapacidade de classificação como esféricos, independente do teor de água que apresentem, assim como no presente trabalho. Enquanto que Guedes *et al.* (2011) também observaram um aumento nos valores da esfericidade nos grãos de soja em função da redução do teor de água.

Para os eixos ortogonais, houve diferença significativa para as dimensões de comprimento, largura e espessura, todos a 5% de probabilidade. O comprimento de grãos com maior dimensão (19,83 mm) foi com a umidade de 10,5%, enquanto que com uma umidade de 12% foi observado um valor de 16,96 mm, sendo que houve diferença estatística entre as 3 umidades avaliadas.

As variáveis largura e espessura tiveram comportamento semelhante, em que houve uma redução nos valores de suas dimensões na medida em que se aumentou o teor de água presente nas sementes de pinhão manso.

Ao se observar a análise de variância dos resultados de largura e espessura de sementes, nota-se que em ambos os casos não se diferiu estatisticamente os valores encontrados para as umidades de 5,0 e 10,5%, sendo que os valores analisados para largura e espessura se diferiram para a umidade de 12% com relação às demais. Os valores de espessura e largura variaram de 11,25 a 9,18% e 8,35 a 7,35%, respectivamente, em 5 e 12% de umidade.

Silva *et al.* (2014), ao estudarem o comportamento de grãos de amendoim sob diferentes teores de água, observaram que, para os valores de comprimento, largura e espessura, foram encontradas maiores dimensões nas umidades de 7,84; 8,74 e 10,50%, e também observaram que os valores de espessura são diretamente proporcionais aos teores de água presentes nos grãos de amendoim, sendo que, à medida em que se aumentou a umidade (4,5 a 10,5%), aumentaram os valores de espessura.

Resende *et al.* (2005) verificaram que os grãos de feijão apresentam variações desuniformes das suas dimensões características, sendo que, durante a secagem, contraem-se, irregularmente, nas diversas direções. Esses mesmos autores observaram que os três eixos ortogonais dos grãos de feijão diminuíram 15,76, 14,08 e 4,81%, respectivamente, para o maior, o médio e o menor eixo, com a redução do teor de água de 92% para 10% de umidade em base seca (b.s.).

Araújo *et al.* (2014) observaram que, para a espessura de grãos de amendoim, ocorre uma contração mais acentuada do produto devido à secagem, proporcionando um encolhimento de 16% nessa dimensão, enquanto o comprimento dos grãos de amendoim reduziu 8% e a largura 7%, para a mesma faixa de teor de água, sendo que esses autores avaliaram uma secagem de grãos de 56 para 3% de umidade b.s.

Conclusões

O teor de água influencia nas características físicas avaliadas de sementes de pinhão-mansão, exceto para o ângulo de repouso.

A umidade de sementes de pinhão-mansão em 5% proporciona maiores valores de esfericidade (63,85%) e porosidade (49%), enquanto para massa específica se encontra seu maior valor (434,20 kg m⁻³) na umidade de 12%.

Referências

ARAÚJO, W. D.; GONELI, A. L. D.; SOUZA, C. M. A.; GONÇALVES, A. A.; VILHASANT, H. C. B. Propriedades físicas dos grãos de amendoim durante a secagem. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 18, n. 3, p. 279–286, 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Regras para Análise de Sementes*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 395p.

CHAVES, T. H.; RESENDE, O.; SIQUEIRA, V. C.; ULLMAN, R. Qualidade fisiológica das sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) durante o armazenamento em três ambientes. *Semina: Ciências Agrárias*, v.33, n.55, p.1653 – 1662, 2012.

ELIAS, M. C. *Manejo tecnológico da secagem e do armazenamento de grãos*. Pelotas: Editora Cópias Santa Cruz, 2008. v. 1. 368p.

EVENCIO, T.; BRANDÃO JUNIOR, D. S.; NEVES, J. M. G.; BRANDÃO, A. A.; MAGALHÃES, H. M.; COSTA, C. A.; MARTINS, E. R. Curva de absorção de água em sementes de pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.). *Revista Árvore*, v. 35, n. 2, p. 193-197, 2011.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computerstatisticalanalysis system. *Ciência e Agrotecnologia* (UFLA), 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.

- GONELI, A. L. D.; CORRÊA P. C.; MAGALHÃES F. E. A.; BAPTESTINI; F. M. Contração volumétrica e forma dos frutos de mamona durante a secagem. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 33, n. 1, p. 1-8, 2011.
- GUEDES, M. A.; MATA, M. E. R. M. C.; DUARTE, M. E. M.; FARIAS, P. A.; NÓBREGA, A. M. M. C. Caracterização física de grãos de soja utilizando processamento digital de imagens. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v.13, p.277-292, 2011.
- JESUS, F. F.; SOUZA, R. T. G.; TEIXEIRA, G. C. S.; TEIXEIRA, I. R.; DEVILLA, I. A. Propriedades físicas de sementes de feijão em função de teores de água. *Engenharia na agricultura*, v. 21, n. 1, p. 9-18, 2013.
- LANARO, N.; BAJAY, L. G.; QUEIROZ, V. M. P.; PINTO, R. C. S.; LEITÃO, I. G. A.; LESSIO, B. C.; AUGUSTO, P. E. D. Determinação de propriedades físicas do feijão fradinho. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v.13, n.1, p.27-35, 2011.
- NUNES, J. A. S. ; ORMOND, A. T. S. ; CANEPPELE, C. ; SILVA, S. L. S. ; JOB, M. T. . Determinação do ângulo de repouso, volume unitário, eixos ortogonais e esfericidade de trigo. *Acta Iguazu*, v. 3, n. 2, p. 77-86, 2014.
- ORMOND, A. T. S.; NUNES, J. A. S.; CANEPPELE, C.; SILVA, S. L. S.; PEREIRA, M. T. J. Análise das características físicas de sementes de trigo. *Enciclopédia Biosfera*, v. 9, n.17, p.108-114, 2013.
- PEREIRA, M. T. J.; CANEPPELE, C.; SILVA, S. L. S.; NUNES, J. A. S.; ORMOND, A. T. S. Propriedades físicas de marcas comerciais de milho pipoca: grão e estourada. *Enciclopédia Biosfera*, v. 10, n. 18, p. 2525-2532, 2014.
- POHNDORF, R. S.; KLEIN, B.; NASCIMENTO, B. C.; RUTZ, D.; FOGUESATTO, R. J.; ELIAS, M. C. Influência da umidade e do percentual de grãos quebrados e inteiros no ângulo de repouso de soja. Pelotas. RS, 2011. In: ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO - UFPEL, 13, 2011, Pelotas, RS. *Anais*. Pelotas: UFPel, 4p.
- RESENDE, O.; CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; CECON, P. R. Forma, tamanho e contração volumétrica do feijão (*Phaseolus vulgaris*L.) durante a secagem. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v. 7, n. 1, p. 15-24, 2005.
- RESENDE, O.; ULLMANN, R.; SIQUEIRA, V. C.; CHAVES, T. H.; FERREIRA, L. U. Modelagem matemática e difusividade efetiva das sementes de pinhão-manso (*Jatropha curcas*L.) durante a secagem. *Engenharia Agrícola*, v. 31, n. 6, p.1123-1135, 2011.
- RUFFATO, S.; CORRÊA, P. C.; MARTINS, J. H.; MANTOVANI, B. H. M.; SILVA, J. N. Influência do processo de secagem sobre a massa específica aparente, massa específica

unitária e porosidade de milho-pipoca. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.3, n.1, p.45-48, 1999.

SANTOS, C. C.; CANEPPELE, C.; BONFIM-SILVA, E. M.; CORDOVA, N. R. M. Massa específica e porosidade de grãos pelo método de complementação de líquidos. *Enciclopédia Biosfera*, v. 8, n.15, p. 1178-1184, 2012.

SILVA, H. P.; NEVES, J. M. G.; BRANDÃO JUNIOR, D. S.; COSTA, C. A. Quantidade de água do substrato na germinação e vigor de sementes de pinhão-manso. *Caatinga*, v. 21 n. 5 (Número Especial), p. 178-184, 2008.

SILVA, J. S. *Secagem e armazenagem de produtos agrícolas*. Viçosa: Aprenda Fácil, 2008. 559 p.

SILVA, S. D.; ALVES, J. M.; MESQUITA, G. M.; LEANDRO, W. M. Efeito da compactação do solo no desenvolvimento aéreo e radicular do pinhão manso (*Jatropha curcas*L.) e crambe (*Crambe abyssinica*Hochst). *Global Science and Technology*, v. 05, n. 02, p. 87 – 97, 2012.

SILVA, S. L. S.; CANEPPELE, C.; PEREIRA, M. T. J.; NUNES, J. A. S.; ORMOND, A. T. S. Propriedades físicas do amendoim em função dos teores de água dos grãos. *Enciclopédia Biosfera*, v. 10, n. 18, p. 2518-2524, 2014.

SIQUEIRA, V. C.; RESENDE, O.; CHAVES, T. H. Propriedades físicas dos frutos de pinhão-manso durante a secagem. *Global Science and Technology*, v. 05, n. 01, p. 83-92, 2012a.

SIQUEIRA, V. C.; RESENDE, O.; CHAVES, T. H. Propriedades físicas das sementes de pinhão-manso ao longo da secagem em diferentes temperaturas. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 33, Suplemento 1, p. 2705-2714, 2012b.