

## Comportamento da Semente de Pinhão-Manso (*Jatropha curcas* L.) sob Diferentes Temperaturas Visando à Utilização Energética

Dimas Agostinho da Silva<sup>1</sup>, Fernanda Marchiori<sup>2</sup>, Clarice de Andrade<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba/PR, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba/PR, Brasil

<sup>3</sup>Programa Interdisciplinar de Pós-graduação em Engenharia, Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba/PR, Brasil

### RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo verificar o comportamento dos parâmetros energéticos da semente de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). Um lote de 2000 g de semente foi separado nos materiais: a) semente, b) albúmen e c) casca. Cada um desses materiais foi submetido aos tratamentos de 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800 e 900 °C de temperatura. Os parâmetros determinados foram: materiais voláteis, material orgânico sólido (carbono fixo), cinzas e poder calorífico. As seguintes conclusões foram observadas: a) ocorreram diferenças significativas entre os materiais e entre os tratamentos de temperatura; b) o teor de materiais voláteis aumentou à medida que se usaram tratamentos de maiores temperaturas; os maiores valores médios foram observados no albúmen e os menores, na casca da semente de pinhão-manso; c) o teor de material orgânico sólido, representado pelo carbono fixo, diminuiu à medida que se usaram tratamentos com maiores temperaturas; os maiores valores médios foram encontrados na casca, enquanto os menores valores foram observados no albúmen; d) o teor de cinzas foi maior na casca em relação ao albúmen e à semente; e) o poder calorífico superior para semente e para o albúmen foi maior na temperatura de 400 °C e menor nas temperaturas mais elevadas. Já para casca, o poder calorífico superior aumentou de 100 a 700 °C, seguido de diminuição para 800 e 900 °C.

**Palavras-chave:** pinhão-manso, qualidade energética, variação de temperatura.

### Behavior of *Jatropha curcas* L. Seeds at Different Temperatures Aiming Energetic Use

### ABSTRACT

The purpose of the present research was to verify the behavior of the energetic parameters of *Jatropha curcas* (L.) seeds. A batch of 2,000 g of seeds was separated into the following materials: a) seeds, b) albumen and c) shell. Each one of these materials was submitted to temperature treatments at 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, and 900 °C. The following parameters were determined: volatile materials, solid organic matter (fixed carbon), ashes and heat power. The following conclusions were obtained: a) there were significant differences between the materials as well as between the temperature treatments; b) the content of volatile materials increased as the temperature raised; the highest mean values were observed in the albumen and the lowest ones were found in the seeds shell; c) the content of solid organic matter, represented by the fixed carbon, decreased as the treatment temperature increased; the highest mean values were found in the shell, while the lowest values were observed in the albumen, d) the ashes content was higher in the shell when compared to the albumen and seed, e) the superior heat power for

the seed and albumen were higher at 400 °C and lower as the temperature increased. Regarding the shell, the superior heat power increased from 100 to 700 °C, followed by a decrease at 800 and 900 °C.

**Keywords:** jatropha, energetic quality, temperature variation.

## 1. INTRODUÇÃO

Há uma crise energética global em função da instabilidade de preço de derivados de petróleo, movida por aspectos macroeconômicos, e do aumento crescente de consumo de energia; adicionalmente, ocorrem os impactos ambientais pelo fato de a matriz energética mundial constituir-se em quase 90% de fontes de energia não renováveis. Essa crise tem levado, no mundo e no Brasil, a uma busca por fontes novas e renováveis de energia nos últimos anos.

O Brasil tem incentivado a busca de novas fontes e tecnologias, com ênfase em energias renováveis. O programa mais recente, que trata do biodiesel brasileiro, permite e indica uma série de culturas, conhecidas ou não, com potencial para participar da composição das fontes de energia.

O pinhão-manso (*Jatropha curcas* L) vem sendo apresentado com forte destaque como planta muito capaz para a produção de óleo visando ao biodiesel (CETEC, 2006; Pereira, 2009; Carnielli, 2003; Gübitz et al., 1999), por causa de sua capacidade para obtenção de bio-óleos. A escolha do pinhão-manso para obtenção de biodiesel se baseia no fato de que essa planta possui alta produtividade de óleo e tem baixo custo de produção, além de ser perene e resistente ao estresse hídrico, o que seria uma vantagem significativa principalmente na região semiárida do País (ABPPM, 2011).

Entretanto, o pinhão-manso não é apenas uma planta indicada para produção de óleos combustíveis. Gübitz et al. (1999) testa a avaliação da semente como combustível, podendo esta ser usada na produção de óleo como matéria-prima do biodiesel e com possibilidades de seu uso direto na combustão.

Carnielli (2003) menciona a viabilidade da cultura do pinhão-manso por produzir, no mínimo, duas toneladas de óleo por hectare, levando de três a quatro anos para atingir a idade produtiva, a qual pode se estender por 40 anos. Arruda et al. (2004),

citando vários autores, menciona a produção de 4 a 5 kg de frutos por planta e de 500 a 1200 kg de sementes limpas por hectare. Além de perene e de fácil cultivo, essa planta apresenta boa conservação da semente colhida, podendo se tornar grande produtora de matéria-prima como fonte opcional de combustível.

O pinhão-manso é uma planta com características de regiões de clima tropical, mas Andrade (2007) observou que a temperatura mínima para condução da cultura de pinhão-manso do Paraná foi de -3 °C e -4 °C.

A semente do pinhão-manso tem um alto teor de óleo, que é extraído por solventes orgânicos ou por meio da prensagem. O beneficiamento do óleo produz biodiesel que tem grande importância quanto à utilização de fontes de energia renováveis, além de apresentar menor índice de poluição do que os combustíveis fósseis (Pereira, 2009). Segundo esse autor, o óleo que é extraído da semente de pinhão-manso é constituído principalmente pelos seguintes ácidos graxos: palmítico, esteárico, oleico, linoleico e linoléico.

O teor de óleo, cinzas, extrativos, fibras e lignina varia conforme as diferentes partes do fruto. Conforme CETEC (2006), os percentuais para semente, albúmen e casca são, respectivamente: teor de óleo na base seca: 38,1%, 60,8% e ausente; teor de cinzas: 7,36%, 6,73% e 8,60%; extrativos: 16,19%, 24,41% e 2,60%; fibra: 22,88%, 4,33% e 53,52%, e teor de lignina: 14,23%, 0,63% e 36,71%.

Sabe-se que o óleo tem um alto poder calorífico, mas pouco se conhece acerca de parâmetros energéticos da semente para o emprego em uso direto para energia, bem como há poucos estudos referentes ao comportamento da semente de pinhão-manso durante o processo de combustão e o efeito da temperatura sobre a mesma.

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento da semente do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) submetida a diferentes tratamentos de temperatura visando à utilização energética.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Aproximadamente 2 kg de semente de pinhão-manso foram coletados, em 2009, de plantio homogêneo da empresa Flora Sinop LTDA., localizada no estado de Mato Grosso. As sementes secas foram separadas em três partes, formando os seguintes materiais, para tratamentos em diferentes temperaturas: a) semente completa, b) albúmen e c) casca, conforme Figura 1.

Cada material foi submetido a tratamentos de 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, e 900 °C de temperatura. Para esse procedimento, utilizou-se uma mufla digital marca EDG Equipamentos, modelo EDGCON3P. Em cada tratamento, foram utilizados aproximadamente 2 g de cada material. O material foi acondicionado em cadinhos de porcelana e submetido aos distintos tratamentos. Para cada tratamento, foram realizadas três repetições, totalizando 27 ensaios. Para a realização dos tratamentos, baseou-se na norma NBR 8112/83 da ABNT para determinação dos materiais voláteis e material orgânico sólido, sendo este definido pela norma como carbono fixo. Foram obtidos os resultados conforme as seguintes Equações 1, 2:

Equação 1 – Materiais voláteis

$$MV = ((MAT - PDT) / MAT) * 100 \quad (1)$$

em que: MV = Quantidade de materiais volatilizados em cada temperatura, em porcentagem. MAT = Quantidade de material (partes da semente) colocada nos cadinhos anterior a cada tratamento, em gramas. MDT = Quantidade de material sólido depois de cada tratamento presente em cada cadinho, em gramas.

Equação 2 – Material orgânico sólido

$$MOR = ((MDT - CC) / MAT) * 100 \quad (2)$$

em que: MOR = Material orgânico sólido correspondente, conforme a NBR 8112, a carbono fixo, em porcentagem. CC = Conteúdo de cinzas

determinado em cada material à temperatura de 700 °C durante 7 horas, em porcentagem, conforme a norma NBR 8289/83.

A determinação do poder calorífico superior do material sólido depois do tratamento (MDT) deu-se conforme a norma NBR 8633/84 da ABNT, utilizando-se um calorímetro adiabático isotérmico marca IKA-Werke, modelo C5001 Cooling System. Os resultados foram expressos em kcal/kg.

O experimento foi conduzido num delineamento inteiramente casualizado. Os resultados foram analisados estatisticamente aplicando-se os testes de Bartlett, seguidos do teste de F e, quando este foi significativo, foi aplicado o teste de Tukey para comparação de médias entre os materiais e os tratamentos. Para resultados que não foram possíveis as análises estatísticas utilizando-se métodos paramétricos, mesmo com transformação de dados, foi aplicado o teste de Cochran conforme Campos (1983) e Pontes & Corrente (2005).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Materiais voláteis

Os resultados obtidos conforme a Equação 1, referentes aos materiais volatilizados a distintas temperaturas, são apresentados na Tabela 1, bem como o resumo da análise estatística; a Figura 2 mostra o comportamento dos dados.

Os testes estatísticos mostram que ocorreram diferenças para conteúdo de materiais voláteis entre os materiais e os tratamentos aplicados. Foi observado que, à medida que se aumentou a temperatura dos tratamentos, houve também aumento nos teores de materiais voláteis para os três materiais de pinhão-manso: semente, albúmen e casca.

Nos tratamentos com menores temperaturas (até 300 °C), o conteúdo de materiais voláteis foi menor, com exceção da casca, somente para o tratamento de 300 °C. Porém, a 400, 500 e 600 °C, ocorreu uma produção mais acentuada de materiais voláteis e com diferenças significativas entre materiais. Diversamente, nas maiores temperaturas de 700, 800 e 900 °C, o teor de materiais voláteis continuou aumentando, mas com intensidade menor e com

diferenças estatísticas entre os materiais semente, albúmen e casca. Tal comportamento foi encontrado de forma similar em trabalhos de Silva & Trugilho (2003) e Trugilho & Silva (2001), ao pesquisarem diferentes partes de *Hymena courbaril*, usando diferentes temperaturas de pirólise como tratamentos. O maior conteúdo de materiais voláteis obtidos nos tratamentos de maiores temperaturas pode ser explicado pela alteração dos componentes químicos dos vegetais de forma isolada ou com interações entre estes. Os componentes vegetais participam de diferentes maneiras, durante a degradação térmica, gerando diferentes produtos.

Quando se comparam os resultados médios dos materiais em função da temperatura, observa-se que, na casca, o comportamento foi diferente em relação à semente e ao albúmen; o teor de materiais voláteis foi maior à temperatura de 400 °C, porém

foi menor nas temperaturas maiores, quando comparado aos valores para a semente e o albúmen. Esse comportamento indica que a casca apresenta maior conteúdo de material lignocelulósico, uma característica de material de sustentação e proteção vegetal, ao contrário do albúmen, com maiores teores de materiais voláteis e rico em óleos, conforme verificado por Pereira (2009).

### 3.2. Material orgânico sólido

Por material orgânico sólido, entende-se a parte retida após a eliminação dos materiais voláteis a diferentes temperaturas. Esse material pode ser entendido como coque vegetal, sendo composto de material orgânico com predominância de carbono fixo, especialmente nas maiores temperaturas, e de cinzas.

**Tabela 1.** Resultados médios de materiais voláteis obtidos por tratamentos e materiais de pinhão-manso.

**Table 1.** Main results of volatile materials obtained in each treatment and pinhão manso materials.

| Tratamentos     | Semente (%)                  | Albúmen (%)                 | Casca (%)                    |
|-----------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 100 °C          | 0,322 ± 0,138 <sup>aA</sup>  | 0,394 ± 0,140 <sup>aA</sup> | 0,991 ± 0,460 <sup>aA</sup>  |
| 200 °C          | 0,373 ± 0,062 <sup>aA</sup>  | 0,506 ± 0,094 <sup>aA</sup> | 0,340 ± 0,070 <sup>aA</sup>  |
| 300 °C          | 2,509 ± 0,792 <sup>aA</sup>  | 2,666 ± 0,875 <sup>aA</sup> | 15,11 ± 2,033 <sup>bB</sup>  |
| 400 °C          | 30,03 ± 1,611 <sup>bA</sup>  | 12,46 ± 1,845 <sup>bB</sup> | 48,29 ± 1,290 <sup>cC</sup>  |
| 500 °C          | 72,44 ± 1,405 <sup>cA</sup>  | 83,43 ± 1,010 <sup>cB</sup> | 57,64 ± 1,060 <sup>dC</sup>  |
| 600 °C          | 75,73 ± 1,343 <sup>cdA</sup> | 86,66 ± 0,634 <sup>cB</sup> | 63,93 ± 1,150 <sup>eC</sup>  |
| 700 °C          | 78,98 ± 1,306 <sup>deA</sup> | 88,00 ± 0,474 <sup>cB</sup> | 65,20 ± 1,110 <sup>efC</sup> |
| 800 °C          | 81,53 ± 1,285 <sup>efA</sup> | 88,41 ± 0,376 <sup>cB</sup> | 68,36 ± 1,110 <sup>fgC</sup> |
| 900 °C          | 82,72 ± 1,508 <sup>fA</sup>  | 88,95 ± 0,077 <sup>cB</sup> | 69,12 ± 0,450 <sup>gC</sup>  |
| Teste Bartlett* | 15,184                       | -                           | 20,013                       |
| Teste de F      | 3090,06**                    | -                           | 2095,16**                    |
| Teste Cochram   | -                            | 0,569                       | -                            |

Teste Bartlett\* H0 aceito, as variâncias são homogêneas a 1%,  $p > 0,01$ ; \*\*significativo em nível de 1%  $p < 0,01$  pelo teste de F, teste Cochram, H0 aceito, as variâncias são homogêneas,  $p > 0,01$ . Médias seguidas de mesma letra minúsculas são iguais entre si para tratamentos. Médias seguidas de mesma letra maiúscula são iguais entre si para materiais.



**Figura 1.** Materiais de *Jatropha curcas* (pinhão-manso): a) semente, b) albúmen da semente e c) casca da semente.  
**Figure 1.** *Jatropha curcas* (pinhão-manso) materials: a) seeds, b) albumen and c) seeds shell.

A Tabela 2 apresenta os resultados médios para os conteúdos de material orgânico sólido – o teor de carbono fixo –, bem como os resultados da análise estatística. A Figura 3 apresenta o comportamento dos materiais semente, albúmen e casca em função do efeito da temperatura.

Médias seguidas de mesma letra minúscula são iguais entre si para tratamentos. Médias seguidas de mesma letra maiúscula são iguais entre si para materiais.

Os resultados estatísticos apresentam diferenças para conteúdo de carbono fixo entre os materiais e os tratamentos de temperaturas. Os resultados mostram que, à medida que aumenta a temperatura,

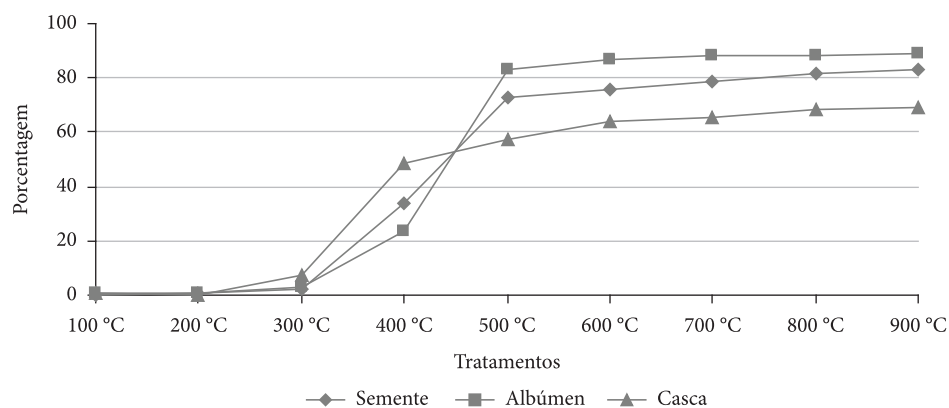
há diminuição de teor de carbono fixo para os três materiais de pinhão-manso: semente, albúmen e casca.

Para temperaturas de 100, 200 e 300 °C, o conteúdo de carbono fixo foi igual, com exceção da casca que, estatisticamente, foi menor no tratamento de 300 °C. Dessa temperatura até 600 °C, observam-se diferença significativa e diminuição acentuada do conteúdo de carbono fixo para os materiais semente, albúmen e casca. A maior diferença é observada para os resultados de albúmen. O albúmen, conforme CETEC (2006), é rico em proteína e extrativos, que são muito degradados nessa faixa de temperatura. Diversamente, nas maiores temperaturas de 700, 800 e 900 °C, o teor de carbono fixo continuou

**Tabela 2.** Resultados médios de material orgânico residual obtido por tratamentos e materiais de pinhão-manso.  
**Table 2.** Main results of residual organic material obtained in each treatment and pinhão manso materials.

| Tratamentos     | Semente (%)                  | Albúmen (%)                 | Casca (%)                    |
|-----------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 100 °C          | 95,79 ± 0,138 <sup>aA</sup>  | 95,00 ± 0,140 <sup>aA</sup> | 93,97 ± 0,460 <sup>aA</sup>  |
| 200 °C          | 95,75 ± 0,062 <sup>aA</sup>  | 94,88 ± 0,094 <sup>aA</sup> | 94,62 ± 0,070 <sup>aA</sup>  |
| 300 °C          | 93,61 ± 0,792 <sup>aA</sup>  | 92,72 ± 0,088 <sup>aA</sup> | 87,89 ± 3,672 <sup>bB</sup>  |
| 400 °C          | 62,42 ± 4,900 <sup>bA</sup>  | 71,75 ± 5,983 <sup>bB</sup> | 46,67 ± 1,290 <sup>cC</sup>  |
| 500 °C          | 23,68 ± 1,405 <sup>cA</sup>  | 11,96 ± 1,010 <sup>cB</sup> | 37,32 ± 1,060 <sup>dC</sup>  |
| 600 °C          | 20,39 ± 1,340 <sup>cdA</sup> | 8,730 ± 0,634 <sup>cB</sup> | 31,03 ± 1,150 <sup>eC</sup>  |
| 700 °C          | 17,14 ± 1,306 <sup>deA</sup> | 7,389 ± 0,474 <sup>cB</sup> | 29,76 ± 1,110 <sup>efC</sup> |
| 800 °C          | 14,59 ± 1,285 <sup>eA</sup>  | 6,890 ± 0,376 <sup>cB</sup> | 26,60 ± 1,110 <sup>fC</sup>  |
| 900 °C          | 13,40 ± 1,508 <sup>eA</sup>  | 6,439 ± 0,077 <sup>cB</sup> | 25,84 ± 0,450 <sup>fC</sup>  |
| Teste Bartlett* | 15,184                       | -                           | 13,921                       |
| Teste F         | 3089,69**                    | -                           | 2095,16**                    |
| Teste Cochram   | -                            | 0,569                       | -                            |

Teste Bartlett\* H0 aceito, as variâncias são homogêneas a 1%,  $p > 0,01$ ; \*\*significativo em nível de 1%  $p < 0,01$  pelo teste de F. Teste Cochram, H0 aceito, as variâncias são homogêneas,  $p > 0,01$ .



**Figura 2.** Comportamento da retirada de materiais voláteis em diferentes temperaturas e para diferentes materiais.  
**Figure 2.** Behavior observed when volatile materials were removed in different temperatures and different materials.



decrecendo, com diferenças estatísticas entre os materiais semente, albúmen e casca, mas com menor intensidade de diminuição. Tal comportamento, de forma inversa, é semelhante ao observado em teor de materiais voláteis e, da mesma forma, foi encontrado nos trabalhos de Silva & Trugilho (2003) e Trugilho & Silva (2001).

Quando se comparam os resultados médios dos materiais em função da temperatura, observa-se que, na casca, o comportamento foi diferente em relação à semente e ao albúmen; foi menor à temperatura de 400 °C, porém foi maior nas temperaturas de 500 a 900 °C. O teor de lignina é de 36,76% na casca, 0,63% no albúmen e 14,23% na semente (CETEC, 2006). O maior teor de lignina justifica o maior teor de carbono fixo na casca em relação aos demais materiais que, conforme Pereira (2009) e CETEC (2006), são ricos em óleos.

### 3.3. Cinzas

A Tabela 3 apresenta os resultados para teores de cinzas dos materiais semente, albúmen e casca de pinhão-manso.

O teor de cinzas foi diferente para os três materiais analisados, a semente, o albúmen e a casca. Esses valores foram inferiores aos encontrados por CETEC (2006), mas a casca também apresentou o maior teor de cinzas.

### 3.4. Poder calorífico superior

A Tabela 4 apresenta os resultados médios para poder calorífico superior, enquanto a Figura 4 ilustra

o comportamento dos dados para materiais em relação à variação de temperatura.

O poder calorífico do material orgânico sólido, o coque vegetal, foi diferente entre os materiais semente, albúmen e casca; portanto, foi estatisticamente distinto quando comparado a cada temperatura.

Os resultados da análise estatística mostram diferenças significativas para o poder calorífico em diferentes temperaturas para um mesmo material: albúmen, semente e casca.

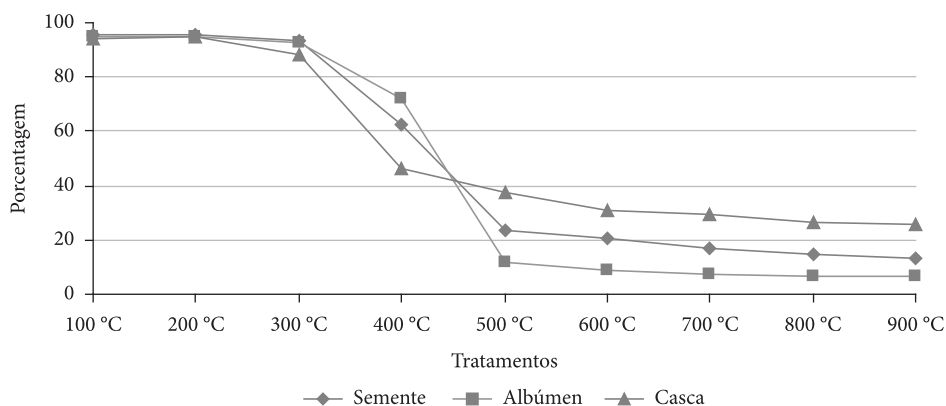
O albúmen apresentou maior poder calorífico nas temperaturas menores, nas quais, conforme a Tabela 2, ocorrem maiores teores de carbono fixo, resultantes de material ainda rico em óleos, conforme Pereira (2009). Assim, na medida em que os óleos estão presentes no albúmen, estes contribuem para manter melhor o poder calorífico até 400 °C. A partir dessa temperatura, o teor de carbono fixo é bem menor e, conseqüentemente, o poder calorífico mostrou-se decrescente.

**Tabela 3.** Resultados médios e análise estatística para análise de cinzas dos materiais realizada a 700 °C.

**Table 3.** Main results and statistical analysis for the materials ash analysis at 700 °C.

| Semente (%)                | Albúmen (%)                | Casca (%)                  |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 3,807 ± 0,017 <sup>a</sup> | 4,610 ± 0,009 <sup>b</sup> | 5,003 ± 0,220 <sup>b</sup> |

Teste de Bartlett: 4,578; logo, as variâncias são homogêneas ( $p > 0,05$ ); Teste de F: 13,660\*\* significativo ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ). Fonte: Laboratório de Energia de Biomassa Florestal, 2010.



**Figura 3.** Comportamento do teor de carbono fixo em diferentes temperaturas e para diferentes materiais.  
**Figure 3.** Behavior of the fixed carbon contents in different temperature and for different materials.

A semente, de forma semelhante, mostrou o comportamento verificado no albúmen, mas com menor variação entre os tratamentos de temperatura; o poder calorífico foi maior nas menores temperaturas e decresceu, de forma mais lenta, de 400 para 900 °C. Assim, o poder calorífico da semente é menor que o do albúmen até 400 °C, mas é superior nas maiores temperaturas.

A casca, ao contrário do albúmen e da semente, mostrou menor poder calorífico nas temperaturas menores – até 300° –, mas mostrou aumento do poder calorífico para o material obtido nas temperaturas mais elevadas, embora este não tenha

aumentado de forma linear. Os maiores valores foram observados nas temperaturas de 600 e 700 °C. Tal comportamento ocorre em função do maior teor de lignina (CETEC, 2006) e do baixo teor de óleos (Pereira, 2009).

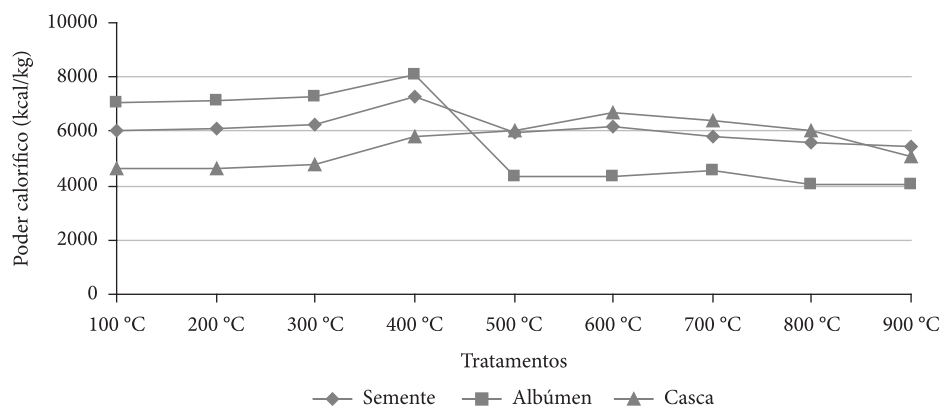
Observa-se uma relação direta e significativa entre o poder calorífico e o teor de carbono fixo, e uma relação inversa para o teor de materiais voláteis para os diferentes materiais. Em estudos do comportamento de madeira a diferentes temperaturas de pirólise, resultados semelhantes foram observados por Petroff & Doat (1978), Brito & Barrichello (1977), Silva & Brito (1990), Trugilho & Silva (2001) e Oliveira (1988).

**Tabela 4.** Resultados médios de poder calorífico superior no material orgânico sólido obtido por tratamentos e materiais de pinhão-manso.

**Table 4.** Main results of superior heat power on solid organic materials obtained in each treatments and pinhão manso material.

| Tratamentos     | Semente (kcal/kg)        | Albúmen (kcal/kg)        | Casca (kcal/kg)          |
|-----------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 100 °C          | 6010 ± 40 <sup>bcA</sup> | 7059 ± 10 <sup>bb</sup>  | 4635 ± 25 <sup>cc</sup>  |
| 200 °C          | 6119 ± 102 <sup>ba</sup> | 7145 ± 16 <sup>bb</sup>  | 4655 ± 16 <sup>cc</sup>  |
| 300 °C          | 6216 ± 97 <sup>ba</sup>  | 7266 ± 144 <sup>bb</sup> | 4799 ± 28 <sup>dc</sup>  |
| 400 °C          | 7291 ± 225 <sup>aA</sup> | 8055 ± 104 <sup>bB</sup> | 5814 ± 28 <sup>cc</sup>  |
| 500 °C          | 5961 ± 66 <sup>bcA</sup> | 4319 ± 259 <sup>bB</sup> | 6059 ± 199 <sup>cC</sup> |
| 600 °C          | 6193 ± 7 <sup>ba</sup>   | 4360 ± 29 <sup>bB</sup>  | 6698 ± 117 <sup>aC</sup> |
| 700 °C          | 5826 ± 83 <sup>bcA</sup> | 4546 ± 301 <sup>bB</sup> | 6383 ± 86 <sup>bc</sup>  |
| 800 °C          | 5562 ± 35 <sup>bcA</sup> | 4076 ± 111 <sup>bB</sup> | 6004 ± 41 <sup>cC</sup>  |
| 900 °C          | 5440 ± 406 <sup>cA</sup> | 4049 ± 47 <sup>bB</sup>  | 5066 ± 250 <sup>dC</sup> |
| Teste Bartlett* | 14,483                   | 10,599                   | 8,233                    |
| Teste F         | 20,362**                 | 244,338**                | 79,812**                 |

Teste Bartlett\* H0 aceito, as variâncias são homogêneas a 5%,  $p > 0,05$ ; \*\*Significativo em nível de 1%  $p < 0,01$  pelo teste de F. Médias seguidas de mesma letra minúscula são iguais entre si para tratamentos. Médias seguidas de mesma letra maiúscula são iguais entre si para materiais.



**Figura 4.** Comportamento do poder calorífico em diferentes temperaturas e para diferentes materiais.  
**Figure 4.** Heat power behavior in different temperatures and different materials.

#### 4. CONCLUSÕES

As sementes de pinhão-manso (*Jatropha curcas*), apresentadas nos materiais semente, albúmen e casca, e nos tratamentos de diferentes temperaturas, apresentaram os seguintes comportamentos:

- Ocorreram diferenças significativas entre os materiais e entre os tratamentos de temperatura;
- O teor de materiais voláteis aumentou, à medida que se usaram tratamentos com maiores temperaturas. Os maiores valores médios foram observados no albúmen e os menores, na casca da semente de pinhão-manso;
- O teor de material orgânico sólido, representado pelo carbono fixo, diminuiu à medida que se aplicaram tratamentos com maiores temperaturas. Os maiores valores médios foram encontrados na casca, enquanto os menores valores foram observados no albúmen;
- O teor de cinzas foi maior casca em relação ao albúmen e à semente;
- O poder calorífico superior para semente e para o albúmen foi maior na temperatura de 400 °C e menor nas temperaturas mais elevadas. Já para casca, o poder calorífico superior aumentou de 100 a 700 °C, seguido de diminuição para 800 e 900 °C.

#### AGRADECIMENTOS

À Fundação de Pesquisas Florestais – FUPEF, pelo apoio ao projeto, e à Empresa Flora Sinop/MT, pela doação do material de estudo na forma de sementes.

#### STATUS DA SUBMISSÃO

Recebido: 21/08/2011  
 Aceito: 13/07/2012  
 Publicado: 31/12/2012

#### AUTOR(ES) PARA CORRESPONDÊNCIA

##### Dimas Agostinho da Silva

Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, Universidade Federal do Paraná – UFPR, Av. Lothário Meissner, 900, Jardim Botânico, CEP 80210-170, Curitiba, PR, Brasil  
 e-mail: dimass@ufpr.br

#### REFERÊNCIAS

- Andrade GA. *Temperatura mínima letal e delimitação das áreas de baixo risco de geadas para o cultivo do pinhão-manso (Jatropha curcas L.) no estado do Paraná* [dissertação]. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2007. 57 p.
- Arruda FP, Beltrao NEM, Andrade AP, Pereira WE, Severino LS. Cultivo do pinhao manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o semi-arido Nordeste. *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibras* 2004; 8(1): 789-799.
- Associação Brasileira dos Produtores de Pinhão Manso – ABPPM [online]; 2011. [cited 2011 mar. 25]. Available from: <http://www.abppm.com.br/iicircuito/colatina.jpg>.
- Brito JO, Barrichello LEG. *Correlações entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão vegetal*. IPEF; 1977.
- Campos H. *Estatística experimental não paramétrica*. 4. ed. Piracicaba: FEALQ; 1983. 349 p.
- Carnielli F. *O combustível do futuro* [online]. UFMG; 2003. Boletim Técnico. Available from: [www.ufmg.br/boletim/bul1413.2003](http://www.ufmg.br/boletim/bul1413.2003).
- Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC. *Pinhão manso*. Belo Horizonte; 2006.
- Gübitz GM, Mittelbach M, Trabi M. Exploitation of the tropical oil seed plant *Jatropha curcas* L. *Bioresource Technology* 1999; 67: 73-82. [http://dx.doi.org/10.1016/S0960-8524\(99\)00069-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0960-8524(99)00069-3)
- Oliveira E. *Correlação entre parâmetros de qualidade da madeira e do carvão de Eucalyptus grandis (W. Hill ex-Maiden)* [dissertação]. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 1988. 47 f.
- Pereira CSS. *Avaliação de diferentes tecnologias na extração do óleo de pinhão-manso (Jatropha curcas L.)* [dissertação]. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2009. 52 f.
- Petroff G, Doat J. Pirolise des bois tropicaux: influencia de la composition chimique des bois sur les produits de distillation. *Bois et Forest de Tropiques*: Norgent-sur-Marne 1978; 117:51-64.
- Pontes ACF, Corrente JE. The use of nonparametric contraste in one-way layouts and randow slock designs. *Journal of Nonparametric Statistics* 2005; 17(3): 335-346. <http://dx.doi.org/10.1080/10485250500038595>
- Silva DA, Brito JO. Pirólise de turfa e análise de seu carvão. *Acta Amazônica* 1990; 20: 283-300.
- Silva DA, Trugilho PF. Comportamento dimensional de cerne e alburno utilizando-se a metodologia de imagem submetida a diferentes temperaturas. *Cerne* 2003; 9(1): 056-065.
- Trugilho PF, Silva DA. Influência da temperatura final de carbonização nas características físicas e químicas do carvão vegetal de jatobá (*Himenea coubaril* L.). *Scientia Agrária* 2001; 2(1-2): 2001.