

(S6-P184)

## PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS PARA DECORTICAÇÃO DA CASTANHA-DO-BRASIL

ANTONIO CARLOS DE OLIVEIRA FERRAZ<sup>(1)</sup>, JOSÉ DALTON CRUZ PESSOA<sup>(2)</sup>  
y DANIEL GOMES<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup>Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP,  
CP 6011, CEP 13083-875 Campinas, SP, Brasil  
[carlos@agr.uicamp.br](mailto:carlos@agr.uicamp.br), fone: + 55 19 3521-1058, fax: +55 19 3521-1005

<sup>(2)</sup> Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA,  
Embrapa Instrumentação Agropecuária

Rua XV de Novembro, 1452, CP 741, CEP 13560-970, São Carlos, SP, Brasil  
[dalton@cnpdia.embrapa.br](mailto:dalton@cnpdia.embrapa.br), fone: +55 16 3374-2477, fax: +55 16 3372-5958

<sup>(3)</sup> Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP,  
CP 6011, CEP 13083-875 Campinas, SP, Brasil  
[gomesagro@gmail.com.br](mailto:gomesagro@gmail.com.br), fone: + 55 19 3521-1058, fax: +55 19 3521-1005

**Palavras chave:** amêndoas – beneficiamento – taxa de deformação – deformação específica

### RESUMO

A castanha-do-Brasil, fruto da castanheira (*bertholletia excelsa*), produz uma estrutura globosa chamada de ouriço, de parede espessa e coloração castanho-escura possuindo no seu interior as sementes ou castanhas. As castanhas possuem casca resistente de morfologia característica. A obtenção da amêndoa, parte comestível e de valor econômico, é feita através do rompimento da castanha realizado manualmente e de forma pouco eficiente. O presente trabalho teve como objetivo caracterizar algumas propriedades físicas e mecânicas da castanha-do-brasil para conhecer melhor o produto e reconhecer princípios que permitam a abertura da castanha com obtenção de maior número de amêndoas inteiras. Foram medidos os valores da força de ruptura e deformação correspondentes, em duas direções perpendiculares, utilizando-se ensaio clássico de compressão entre pratos planos rígidos e paralelos. Para explorar as características viscoelásticas da casca foram realizados ensaios de compressão, com altas taxas de deformação e deformação limitada. Determinou-se também a curva de secagem das castanhas utilizando-se secador de ar com fluxo contínuo. Para uma taxa de deformação de 1 mm/s, valores médios de 1035,4 N e 8,85 % foram obtidos para a força máxima e deformação específica, respectivamente, na direção longitudinal. O coeficiente de variação obtido para os valores da força máxima foram de 38%, indicando grande variabilidade no produto. Observou-se uma tendência da ruptura da casca se iniciar na união carpelar próximo à inserção do pedúnculo e se propagar para a região apical da castanha. A direção transversal, nas mesmas condições de ensaio, não se mostrou adequada para a decorticação por compressão, pois foi sempre acompanhada de grande deformação e ruptura na amêndoa. Foram necessárias 6 horas para reduzir 7% a umidade inicial da castanha (10,5% bu) utilizando-se ar aquecido a 60 °C e velocidade média de 9,5m/s. Na compressão longitudinal com taxa de deformação de 4,18m/s, deformação específica limitada de 8%, observou-se melhor desempenho na liberação de amêndoas inteiras com a redução da umidade. Esse resultado sugere fortemente um condicionamento da casca antes da decorticação.

## PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES IN SHELLING BRAZILIAN NUT

**Keywords:** nut kernel - processing – deformation rate – specific deformation

### ABSTRACT

Brazilian nut is the true fruit of the nut-tree (*bertholletia excelsa*) which produces a dark-brown thick-walled round structure that contains the seeds or kernels. The nuts have a resistant shell. Shelling is performed by hand to release the kernel, the edible part with great economical value, in an inefficient way. This work aimed to determine some physical and mechanical properties of the nut in order to provide insights for future developments of efficient shellers. Measurements of force and deformation at rupture, in the longitudinal and transversal direction, were performed by compressing the nut between two parallel, rigid and flat plates, using a universal testing machine. Viscoelastic characteristics of the shell were investigated using high deformation rates and a limited deformation. Drying curves were also determined for a thin-layer bed of nuts using heated air in a continuous flow drier. Average values of 1035,4 N and 8,85% corresponding to the maximum force and specific deformation, respectively, were found in the longitudinal direction after compression at 1 mm/s deformation rate. The value of variation coefficient for maximum force was 38%, indicating high variability among the mechanical properties of nuts. The cracking of the shell usually initiated in the carpellar union edge near the peduncular insertion and tended to propagate toward the apical region of the nut. Compression along the transverse direction of the nut did not show to be adequate for shelling since high values of deformation occur at maximum force, damaging the kernel. It took 6 hours to reduce the initial moisture content of 10,5% (wb) to 7% using heated air at 60 °C and average velocity of 9,5 m/s. Longitudinal compression at high deformation rates (4,18m/s) and a limited deformation (8%) using those partially dried nuts, showed better performance in cracking the shell and liberating whole kernels. This result strongly suggests that drying of the nuts should be performed prior to shelling.

### INTRODUÇÃO

A castanha-do-brasil é o fruto da castanheira-do-brasil (*bertholletia excelsa*), que produz uma estrutura globosa chamada de ouriço, de parede espessa e coloração castanho-escuro contendo em seu interior suas sementes ou amêndoas. Os ouriços são coletados na natureza e partidos ao meio para retirada das castanhas. As castanhas possuem casca resistente e de morfologia característica. A obtenção da amêndoa, parte comestível e de valor econômico, é feita através do rompimento da castanha realizado manualmente e de forma pouco eficiente pelos beneficiadores da castanha do Brasil (Müller et al. 1995). Cresce no Brasil o interesse pela exploração comercial de amêndoas nativas como alternativa de emprego e renda nas regiões de extrativismo. No entanto essas ações muitas vezes são frustradas devido a baixos rendimentos no beneficiamento das castanhas e pela qualidade e segurança duvidosas, que impedem a conquista de novos mercados. Vários esforços tem sido direcionados para solucionar esses problemas (Araújo (2005); Araújo e Ferraz (2006); Souza et al. (2006); Balasubramanian (2001); Araújo, Ferraz e Santana (2006)) através do conhecimento do comportamento do produto. Devido às escassas informações referentes à castanha-do-brasil, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar algumas propriedades físicas e mecânicas utilizando impacto (compressão com alta taxa de deformação) e ensaios de compressão entre pratos planos rígidos e paralelos. Realizou-se uma secagem parcial das castanhas, condicionando-as à decorticação, com determinação de curvas de secagem em

secador de ar com fluxo contínuo. Tais caracterizações visam conhecer melhor o produto e reconhecer princípios que permitam, através de solitação mecânica, realizar a abertura das castanhas, com obtenção de maior número de amêndoas inteiras.

## MATERIAL E MÉTODOS

*Castanhas-do-brasil.* Foram utilizadas castanhas adquiridas no mercado varejista de São Paulo, apresentando teor de água de 10,5% (bu).

*Compressão longitudinal.* A caracterização do comportamento mecânico da castanha do Brasil foi realizada comprimindo-se a castanha, longitudinalmente, entre pratos planos, rígidos e paralelos. Antes dos ensaios cada castanha teve sua dimensão longitudinal medida. Para a compressão foi utilizada uma máquina universal de ensaio equipada com software de aquisição de dados, com comando computadorizado, a uma taxa de deformação de 0,6 mm/s, obtendo-se um diagrama força-deformação do qual foram retirados os dados para realização das análises do experimento. Utilizou-se uma célula de carga de 2500N.

*Compressão transversal.* Foram ensaiadas 20 castanhas sendo comprimidas transversalmente ao eixo longitudinal, entre pratos planos e paralelos. Foi mantida a mesma taxa de deformação dos ensaios anteriores.

*Impacto com deformação limitada.* Esses testes dinâmicos foram realizados para explorar aspectos viscoelásticos da castanha uma vez que os ensaios de compressão à pequenas taxas de deformação (quase estático) somente rompem a casca mas não liberam a amêndoa. Nos testes dinâmicos realizados foram utilizadas altas taxas de deformação (4,18 m/s ) e também deformação limitada. O dispositivo de impacto empregado foi descrito em detalhes por Araújo e Ferraz (2006) que permite aplicar um golpe na castanha, utilizando-se um martelo plano, com um deformação limitada, denominada de deformação específica limite. O excesso de energia aplicado para romper a casca é absorvido pelos batentes do dispositivo.

*Crítérios de avaliação do desempenho do impacto.* Após receberem o empacto único as castanhas, quanto ao desempenho do impacto, foram classificadas em **amêndoa não liberada**, consistindo de castanhas que resistiram ao impacto, apresentaram trincas ou rupturas na casca porém não liberaram a amêndoa (ou a amêndoa não pôde ser retirada facilmente), **amêndoa quebrada**, resultado de separação de caca e amêndoa, porem com danos indesejáveis à amêndoa, constituindo um resultado indesejável, e **amêndoa íntegra**, consistindo na ruptura da casca com liberação de amêndoa íntegra. Pequenas aderências com a casca não foram consideradas. O desempenho do impacto foi avaliado contando-se o número de castanhas de cada uma das classes e expressando-o em percentagem do número total de castanhas testadas.

*Secagem das amêndoas.* As castanhas foram secas para investigar o efeito de vários graus de umidade no desempenho de abertura. Foram obtidos quatro graus de umidade, a partir da umidade inicial de 10,5%. Para a obtenção das curvas de secagem as castanhas foram dispostas em bandejas teladas, 800 g de castanhas em cada bandeja, e colocadas em secador em camadas delgadas com fluxo contínuo de ar com velocidade média de 9,4m/s e temperatura de 60 °C.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Compressão longitudinal

As castanhas foram comprimidas até a ruptura da casca e liberação da amêndoa (Figura 1), utilizando-se 20 castanhas, extraídas aleatoriamente do lote, apresentando com

10,5 % de umidade. Caracteristicamente, durante a compressão as curvas força-deformação (Figura 2) exibiram vários picos de força, representando as diversas rupturas parciais da casca da castanha, até a liberação total da amêndoa. O valor médio obtido para a força máxima foi de 860,53 N com coeficiente de variação (CV) de 0,24 e o valor médio da deformação específica de 11,45 % com CV de 0,29. A compressão até esses níveis de deformação provocou também a ruptura da amêndoa, indicando uma deformação demasiada.

Utilizando-se os mesmos procedimentos, mais 20 castanhas foram ensaiadas, porém somente até o primeiro pico, sendo aliviado o cabeçote da máquina universal. Nestas condições observou-se que a ruptura se desenvolveu ao longo das nervuras que ligam os carpelos, apenas separando as partes, mas não sendo suficiente para liberar a amêndoa. O alívio da força provocou o retorno das partes, colocando-as em contato novamente. Para esse lote, o valor médio de força máxima de 1035,40 N (CV= 0,26) e deformação específica média de 8,81 % (CV = 0,38).

As várias castanhas ensaiadas longitudinalmente apresentaram um comportamento semelhante apesar do tamanho, massa e formato diferentes. A maioria das castanhas exibiu ruptura iniciando-se a partir da inserção do pedúnculo, que se mostrou uma região de menor resistência mecânica. Corresponde a região da castanha que exibiu maior deformação e apresentou, conseqüentemente, um maior número de rupturas parciais. Um grande número de castanhas teve a casca rompida ao longo de toda a nervura, indicando uma região de pequena resistência mecânica.

### **Compressão transversal**

A compressão na direção transversal se mostrou inadequada pois as forças de ruptura foram acompanhadas de grandes deformações com conseqüente ruptura da amêndoa na sua porção mediana. Nessa direção a amêndoa apresenta menor rigidez e, conseqüentemente, na ruptura, também exibiu valores de força média 648,63 N (CV = 0,19) menores que na direção longitudinal.

### **Desempenho do impacto**

O desempenho do impacto para valores de deformação específica de 6, 8 e 10%, com 40 repetições para cada deformação, e castanhas com valor médio de teor de água de 10,5%, são mostrados na Tabela 1. O valor de deformação de 8% foi escolhido baseado no resultado dos ensaios de compressão entre pratos planos rígidos e paralelos e constituiu-se referência para um valor acima e outro abaixo. O melhor desempenho de abertura de castanhas foi com a deformação de 8% onde 50% das amêndoas foram extraídas íntegras da casca, 35% das amêndoas se quebraram e 15% delas ficaram presas a casca ou simplesmente não foram extraídas, porém estas castanhas poderiam sofrer novo golpe assim aumentando o desempenho, para um potencial de 65%. No entanto, a porcentagem de amêndoas quebradas está muito elevada e aponta necessidade de ser melhorada.

Para investigar o efeito do acondicionamento prévio da castanha através de secagem parcial, secaram-se lotes até atingir os graus de umidades de 8,32, 5,5, e 2,5% a partir do lote com 10,5%. Os resultados do desempenho do impacto a uma deformação específica de 8% são apresentados na Tabela 2. Os valores de desempenho obtidos para a umidade de 10,5% são inferiores aos obtidos anteriormente para a mesma umidade (Tabela 1). Observa-se nesse caso que a diminuição da porcentagem de amêndoa íntegra de 50% (Tabela 1) para 37,5% (Tabela 2) refletiu num aumento de 15% para 30% (Tabela 1) de amêndoa não liberada. Esta variabilidade pode ser atribuída à ruptura das pequenas saliências nas extremidades da casca, caracteristicamente quebradiças. Isso inibe a ação efetiva da deformação específica estabelecida e constitui um grande entrave na aplicação de carga na direção longitudinal. Um tratamento de desbaste dessas extremidades poderia resolver essa dificuldade. Dificulta,

também, a comparação entre os tratamentos, pois os efeitos reais do impacto não são evidenciados. Apesar do menor grau de umidade apresentar o melhor desempenho para amêndoa íntegra, o número de amêndoas quebradas é elevado (35%).

De uma forma geral não é possível identificar claramente o efeito da secagem no desempenho de abertura das castanhas. Talvez os efeitos mais significativos estejam para umidades abaixo de 2,5% ou eles poderiam se manifestar melhorando o desempenho, caso a secagem ocorresse de forma mais agressiva, isto é, em menor tempo utilizando-se temperatura mais elevada e maior velocidade do ar de secagem.

### **Curva de secagem**

Uma curva característica, para uma das bandeja do secador, é mostrada na Figura 3. A secagem iniciou-se com as castanhas apresentando grau de umidade médio de 10,5%. Fica evidente que nas primeiras três horas de secagem a maior parte da massa fresca é perdida, em torno de 6% da massa inicial de castanhas. A secagem foi interrompida após nove horas quando as taxas de secagem se tornaram muito baixas.

## **CONCLUSÕES**

O condicionamento da casca da castanha-do-brasil é importante para o desempenho da decorticação através de impacto direcionado e com deformação limitada. Sugerem-se estudos futuros para explorar o condicionamento da casca através da desidratação utilizando altas taxas de secagem.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Araújo, M.C.; Ferraz, A. C. O. ; Santana, M. F. S.; 2006. Caracterização da fragilidade do endocarpo e rigidez da amêndoa da castanha de caju antes e após tratamento térmico. Caderno de Resumos do XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola-SBEA. João Pessoa, 31 julho a 04 de agosto.
- Araújo, M.C.; Ferraz, A.C.O. 2006. Efeito da umidificação, tratamento térmico e deformação sobre a decorticação da castanha de caju ‘CCP-76’ por meio de impacto único e direcionado. Engenharia Agrícola. 26 (2), 335-653.
- Araújo, M.C. (2005). Características mecânicas da castanha de caju para fins de beneficiamento e desenvolvimento de decortificador de cilindros rotativos. Tese de doutorado. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. pp. 131.
- Balasubramanian, D. 2001. Physical properties of raw cashew nut. J. Agric. Engng. Res. 78(3), 291-297.
- Müller, C.H.; Figueiredo, F.J.C.; Kato, A.K.; Carvalho, J.E.U.; Stein, R.L.B.; Silva, A.B. 1995. A cultura da castanha-do-brasil. EMBRAPA. CPATU. Brasília. 66pp.
- Souza, F.C.; Gomes, D. ; Ferraz, A. C. O.; Inamasu, R.Y. 2006. Caracterização física e mecânica do fruto da macaúba. Caderno de Resumos do XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola-SBEA. João Pessoa, 31 julho a 04 de agosto.

## TABELAS E FIGURAS

**Tabela 1.** Desempenho do impacto (%) para as deformações específicas de 6, 8, e 10% para castanhas com grau de umidade de 10,5% e com 40 repetições para cada tratamento.

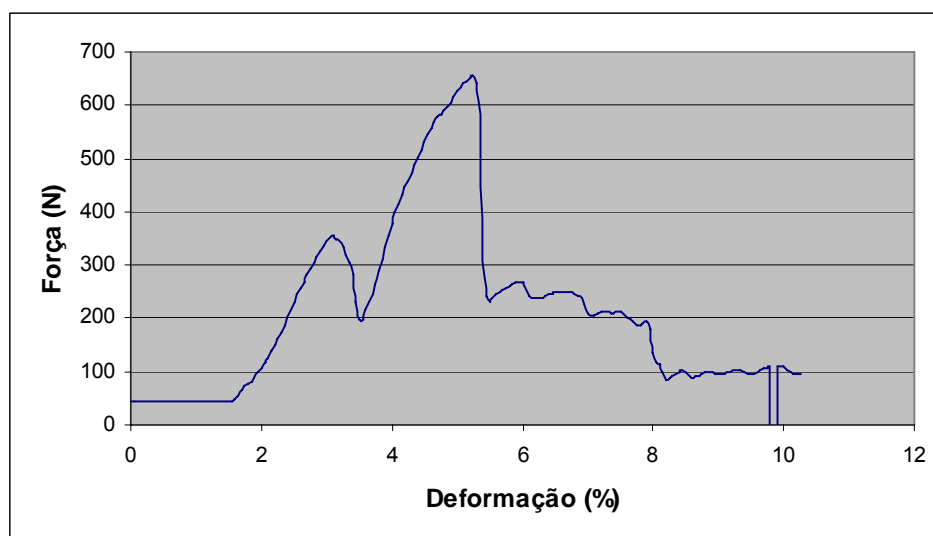
	Deformação específica (%)		
	6	8	10
<i>Amêndoa íntegra</i>	10	50	10
<b>Amêndoa quebrada</b>	35	35	62,5
<b>Amêndoa não liberada</b>	55	15	27,5

**Tabela 2.** Desempenho de abertura para vários graus de umidade para a deformação específica de 8%, com 40 repetições para cada tratamento.

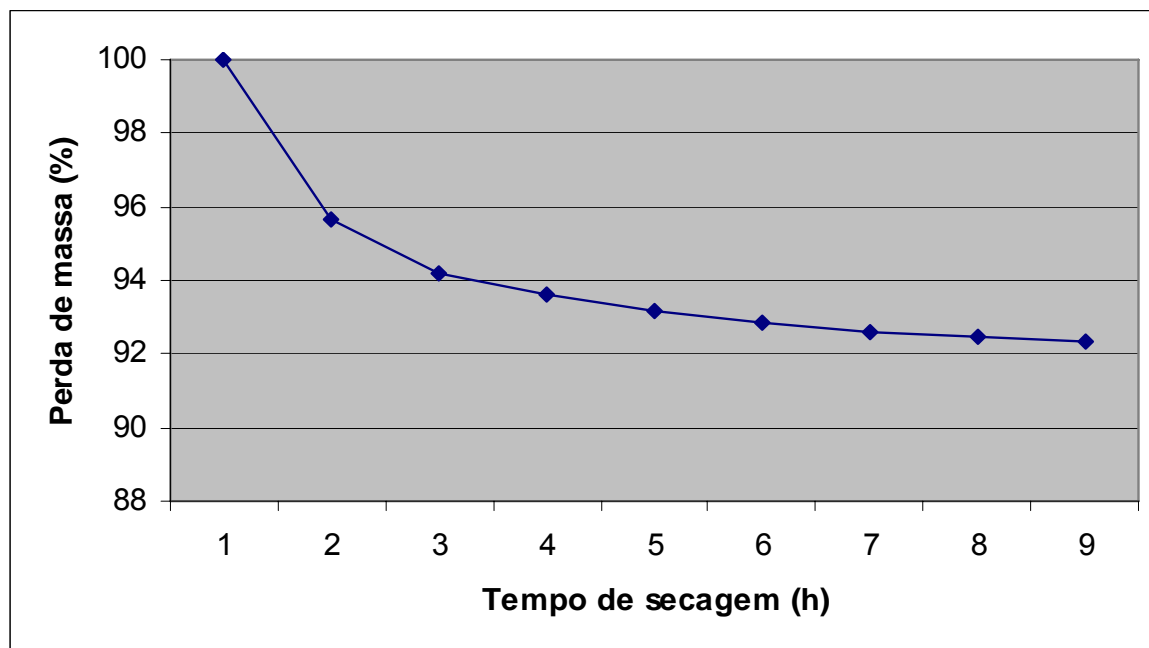
	Grau de Umidade (%)			
	10,5	8,32	5,5	0
<i>Amêndoa íntegra</i>	37,5	32,5	42,5	50
<b>Amêndoa quebrada</b>	32,5	40	25	35
<b>Amêndoa não liberada</b>	30	27,5	32,5	15



**Figura 1.** Ilustração de ensaio de compressão, longitudinalmente, em castanha-do-brasil evidenciando a separação dos carpelos.



**Figura 2.** Curva característica força-deformação específica na compressa longitudinal da castanha-do-brasil, entre pratos planos e paralelos, até a liberação da amêndoa.



**Figura 3.** Curva característica de secagem para castanha-do-brasil a partir do grau de umidade inicial de 10,5%.