

COEFICIENTE DE AMORTECIMENTO DO SISTEMA FRUTO-RÁQUILA DA MACAÚBA

FLORA MARIA DE MELO VILLAR¹, FRANCISCO DE ASSIS DE CARVALHO PINTO¹,
FÁBIO LÚCIO SANTOS², JOSÉ ANTÔNIO SARAIVA GROSSI¹, NARA SILVEIRA
VELLOSO¹

1 – Doutora em Engenharia Agrícola e Ambiental, Prof^a Adjunta, Depto. Engenharia Agrícola, DEA/ UFV, Viçosa-MG, FONE: (31) 38991877, flora.villar.ufv@gmail.com.

2 – Doutor em Engenharia Agrícola, Prof. Associado, Depto. Engenharia Agrícola, DEA/ UFV, Viçosa-MG.

3 – Doutor em Engenharia Agrícola, Prof. Adjunto, Depto. Engenharia, UFLA, Lavras-MG.

4 – Doutor em Horticultura, Prof. Adjunto, Depto. Fitotecnia, FIT/ UFV, Viçosa-MG.

5 – Engenheira Agrícola, Mestranda em Engenharia Agrícola, Depto. Engenharia Agrícola, DEA/ UFV, Viçosa-MG.

Apresentado no
XLV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2016
24 a 28 de julho de 2016 - Florianópolis - SC, Brasil.

RESUMO: A macaúba (*Acrocomia aculeata*) é uma cultura promissora para produção de biodiesel, pois apresenta potencial de produção de óleo de oito ton/ha. Porém, ainda é uma cultura explorada de forma extrativista. Para o destacamento dos frutos, uma opção seria o uso de máquinas que utilizem o princípio de vibrações mecânicas. O estudo do comportamento dinâmico do sistema fruto-ráquila nortearia o desenvolvimento dessas máquinas. Diante disso, objetivou-se determinar o coeficiente de amortecimento do sistema fruto-ráquila da macaúba de quatro acessos do Banco Ativo de Germoplasma da UFV. Para a determinação do coeficiente de amortecimento, foi empregado o método do decremento logarítmico, realizado por meio de teste de vibrações mecânicas. Os dados gerados foram processados em planilha eletrônica para extrair do gráfico da aceleração versus tempo duas amplitudes sucessivas para o cálculo do coeficiente de amortecimento. O conhecimento deste coeficiente no projeto de máquinas é importante, pois, o amortecimento em um sistema reduz a amplitude de saída quando expostos a vibrações mecânicas. O coeficiente de amortecimento variou na média de 0,32 a 1,01 Nsm⁻¹ dependendo do acesso das plantas.

PALAVRAS-CHAVE: Vibrações mecânicas; propriedades mecânicas; *Acrocomia aculeata*.

DAMPING COEFFICIENT OF FRUIT-RACHILLA SYSTEM OF THE MACAW PALM

ABSTRACT: The macaw palm (*Acrocomia aculeata*) is a promising crop for biodiesel production since its potential, for oil production is eight ton.ha⁻¹. However, nowadays just the wild occurring plants are exploited. For the detachment of fruit, one option would be the use of machines that use the principle of mechanical vibrations. The study of the dynamic behavior of the fruit-rachilla system would guide the development of these machines. Therefore, this study aimed to determine the damping coefficient of the macaw fruit-rachilla system four different plant accession of UFV Active Germplasm Bank access. To determine the damping coefficient, it was employed the logarithmic decrement method performed by mechanical vibration test. The data generated were processed in a spread sheet to extract on the acceleration versus time graph two successive amplitudes to calculate the damping

coefficient. The knowledge of this coefficient in machine design is important because the damping in a system reduces the output amplitude when exposed to mechanical vibration. The damping coefficient on the average ranged from 0.32 to 1.01 Ns.m⁻¹ depending on the plant accession.

KEYWORDS: Mechanical vibrations; mechanical properties; *Acrocomia aculeata*.

INTRODUÇÃO: O Brasil está entre os maiores produtores e consumidores de biodiesel do mundo. Em 2014 foi o segundo maior consumidor e produtor de biodiesel, atrás somente dos Estados Unidos (ANP, 2014). Dentre as diversas culturas inseridas, consideradas emergentes, a macaúba (*Acrocomia aculeata*) é promissora para produção de biodiesel, devido à alta produtividade de óleo, rusticidade, ampla adaptabilidade em diferentes regiões, entre outros (PIMENTEL et al., 2011).

Atualmente, a colheita de macaúba é realizada pela coleta dos frutos maduros que caem no chão. No entanto, com o processo de domesticação em andamento desta planta, inicia o surgimento de grandes áreas implantadas especificamente para uma exploração mais intensiva. A demanda natural de uma exploração intensiva será o surgimento de sistemas de colheita que permitirá uma melhor programação desta atividade. Uma das opções de colheita, é o corte do cacho com os frutos. Desta maneira, o destacamento dos frutos da ráquila é parte do processamento pós-colheita.

Estudos de análise dos esforços mecânicos necessários ao destacamento dos frutos da ráquila são necessários para o desenvolvimento de máquinas para estas atividades. Outra opção, para o destacamento destes frutos na usina de processamento, é utilizar o princípio de vibração mecânica. Tendo em vista que a macaúba é uma cultura rústica e pouco explorada, existe a necessidade de desenvolvimento de novas tecnologias para torná-la comercialmente rentável aos produtores agrícolas. Dessa forma, objetivou-se determinar o coeficiente de amortecimento do sistema fruto-ráquila da macaúba a fim de colaborar com a criação de uma base de conhecimento necessária para o projeto de máquinas.

MATERIAL E MÉTODOS: Os sistemas fruto-ráquila utilizados foram coletados no Banco Ativo de Germoplasma (BAG) da UFV, e em sua bordadura, localizado na Fazenda Experimental de Araponga, iniciado em 2008. A Fazenda Experimental está localizada na cidade de Araponga, Minas Gerais. O clima, segundo a classificação de Koopen, é do tipo tropical de altitude (Cwa), com chuvas durante o verão e temperatura média anual em torno de 19 °C, com variações médias entre 12 e 26 °C.

A coleta dos cachos utilizados foi realizada no dia 30/09/2015 (cachos com frutos verdes). As medições foram realizadas dentro de 24 h após a coleta no laboratório de mecanização agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV.

No total, foram utilizados quatro acessos distintos, sendo esses identificados por BD 27 (palmeira provinda da região de Abaeté/ MG), BD 40 (palmeira provinda da região de Pitangui – Martinho Campos/ MG), BGP 29 (palmeira provinda da região de Prudente de Moraes – Matozinhos/ MG) e BGP 35 (palmeira provinda da região de Mirandópolis/ SP). A designação BD é para as plantas de bordadura e BGP para as plantas do BAG.

O comprimento das ráquulas foi padronizado em 15 cm para os acessos BD27 e BGP 35 e, 13 cm para os acessos BD 40 e BGP 29. O comprimento das ráquulas teve padrões diferentes devido à limitação do tamanho real das ráquulas nos diferentes acessos.

Para a determinação do coeficiente de amortecimento do sistema fruto-ráquila, foi empregado o método do decremento logarítmico, conforme Equação 1, proposto por RAO (2008).

$$\delta = \ln \frac{x_i}{x_{i+1}} = \zeta \omega_n \tau_d = \omega_n \frac{2\pi\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2} \omega_n} = \frac{2\pi\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}} = \frac{2\pi}{\omega_d} \cdot \frac{c}{2m} \quad (1)$$

em que,

- δ - decremento logarítmico, adimensional;
- ζ - razão de amortecimento do sistema, adimensional;
- x_i - amplitude do sinal no tempo i ;
- x_{i+1} - amplitude do sinal sucessiva a x_i .
- ω_n - frequência natural, rads^{-1} ;
- τ_d - período amortecido, s;
- ω_d - frequência natural amortecida, rads^{-1} ;
- m - massa, kg;
- c - coeficiente de amortecimento, Nsm^{-1} .

O método do decremento logarítmico foi realizado por meio de teste de vibração com um impulso gerado a 100% da amplitude de aceleração, sendo esta de 5 vezes a aceleração da gravidade (g_r). Para promover a excitação do sistema fruto-ráquila, foi empregado um sistema de instrumentação da LDS (*Ling Dynamic Systems*), composto por um gerador de sinais COMET_{USB} da marca Dactron, um amplificador PA 1000L e um vibrador eletromagnético modelo V-555 fabricados pela LDS.

O sistema fruto-ráquila foi engastado a um suporte fixado à base móvel do vibrador, sendo que, depois de engastadas, as ráquillas ficaram com 13 cm de comprimento nos acessos BD 27 e BGP 35 e, 11 cm de comprimento nos acessos BD 40 e BGP 29. Foi utilizado um cenário em que o fruto estava preso à ráquila entre a porção intermediária e a extremidade oposta ao engaste.

Para aquisição dos dados, foram utilizados um acelerômetro piezelétrico LW174002 com sensibilidade de $100,7 \text{ mVg}_r^{-1}$ e um módulo de aquisição NI cDAQ-9234 da National Instruments. A massa do acelerômetro não deve ser superior a um décimo da massa total do sistema, nesse caso, o acelerômetro utilizado apresenta baixa massa e alta sensibilidade, não modificando significativamente a dinâmica do sistema fruto-ráquila (MARK & TORBEN, 1987). O acelerômetro foi fixado ao fruto verticalmente para medir a aceleração do sistema na direção vertical. Os dados gerados foram processados no software EXCEL para extrair da forma gráfica duas amplitudes sucessivas (X_i e X_{i+1}) e o período amortecido para o cálculo do coeficiente amortecimento de cada sistema fruto-ráquila de cada acesso (Equação 1).

Os dados referentes obtidos foram submetidos à análise de estatística descritiva com o auxílio do programa computacional Assisat.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os sistemas estudados são subamortecidos e, nesses sistemas, quanto maior a razão de amortecimento menor será a amplitude de vibração livre. A razão de amortecimento é diretamente proporcional ao coeficiente de amortecimento, dessa forma, quanto maior o coeficiente de amortecimento maior será a razão de amortecimento (RAO, 2008). Os valores de coeficiente de amortecimento encontrados ficaram na média entre 0,32 e 1,01 N.sm^{-1} (Tabela 1).

Tabela 1: Estatística descritiva dos coeficientes de amortecimento dos sistemas fruto-ráquila (FR) para os acessos BD 27, BD 40, BGP 29 e BGP 35

Coefficiente de amortecimento – c (N.sm⁻¹)				
	BD 27	BD 40	BGP 29	BGP 35
Média	0,32	0,81	0,78	1,01
Desvio-padrão	0,16	0,39	0,30	0,95
CV (%)	50,18	48,09	37,95	93,77

FR – sistema fruto-ráquila; c – coeficiente de amortecimento; BD 27 – acesso provindo de Abaeté/ MG; BD 40 – acesso provindo de Pitangui-Martinho Campos/ MG; BGP 29 – acesso provindo de Prudente de Moraes-Matozinhos/ MG; BGP 35 – acesso provindo de Mirandópolis/ SP.

Ao analisarmos o desvio padrão, podemos estabelecer uma faixa de valores de coeficiente de amortecimento que compreende todos os acessos. A delimitação desta faixa, de 0,48 a 0,78 Nsm⁻¹, pode contribuir na caracterização do sistema fruto-ráquila para determinação de parâmetros de projeto de uma máquina, que utilize o princípio de vibrações mecânicas para desprendimento dos frutos do cacho, uma vez que, o amortecimento em um sistema reduz a amplitude de saída quando expostos a vibrações (ARISTIZÁBAL et al., 2003).

CONCLUSÃO: O coeficiente de amortecimento do sistema fruto-ráquila variou de 0,32 a 1,01 Nsm⁻¹. Estabeleceu-se a faixa de 0,48 a 0,78 Nsm⁻¹ para o coeficiente de amortecimento que compreende todos os acessos.

AGRADECIMENTOS: À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS:

ANP. AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **BIODIESEL-INTRODUÇÃO** - 2014. DISPONÍVEL EM: <<http://www.anp.gov.br/?pg=73292&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&1443030040981>> ACESSO EM 23 DE SETEMBRO DE 2015.

ARISTIZÁBAL T. I. D.; OLIVEROS T. C. E.; ALVAREZ M. F. PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF THE COFFEE TREE RELATED TO HARVEST MECHANIZATION. **TRANSACTIONS OF THE ASAE**, V. 46, n. 2, p. 197-204, 2003.

MARK, S AND TORBEN. R.L **PIEZOELERIC**, 1987, ACCELEROMETER AND VIBRATION PREAMPLIFIER THEORY AND APPLICATION HANDBOOK, BRUEL AND KJAER, DENMARK.

PIMENTEL, L. D.; DIAS, L. A. S.; PAES, J. M. V.; SATO, A. Y.; MOTOIKE, S. Y. DIVERSIDADE NO GÊNERO *ACROCOMIA* E PROPOSTA DE SUBDIVISÃO DA ESPÉCIE *ACROCOMIA ACULEATA*. **INFORME AGROPECUÁRIO**, BELO HORIZONTE, V.32, n. 265, p. 81-87, 2011.

RAO, S. **VIBRAÇÕES MECÂNICAS**. QUARTA EDIÇÃO. SÃO PAULO: PEARSON - PRENTICE HALL, 2008, 424p.