

Desenvolvimento de muletas altas de bambu

Development of tall bamboo crutches

RESUMO

Gabriel Ostapiv
gabrielostapiv@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, Paraná, Brasil

Fabiano Ostapiv - Orientador
fabianoostapiv@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, Paraná, Brasil

Recebido: 19 ago. 2020.

Aprovado: 01 out. 2020.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

Neste trabalho foram simulados e construídos protótipos de muletas altas de bambu. Este arranjo inovador permite novos formatos e funções para o equipamento, como o uso de suspensórios. A maior altura da muleta aliada ao uso de suspensórios para os braços modifica o princípio de funcionamento da muleta, ampliando a comodidade do usuário.

Usou-se o software ANSYS Academic para gerar os modelos virtuais e fazer as análises computacionais. Foram avaliados os esforços e as deflexões causados por carregamentos verticais, com a força máxima de 280 N, aplicados na parte superior da muleta.

Os protótipos foram construídos com bambu *Phyllostachys aurea*, provenientes de varas de pesca encontradas no comércio. Esta escolha teve como intuito reduzir o custo de fabricação e permitir a fácil reprodução do protótipo, devido à disponibilidade da matéria-prima no território nacional, buscando tornar o produto acessível à população de baixa renda. Os resultados computacionais indicam que as muletas altas de bambu são mecanicamente resistentes. Foram simulados carregamentos estáticos máximos de 95,2 N no apoio axilar e 184,8 N no apoio de mão. Nestas condições houve um deslocamento de 1,9 mm na parte superior da muleta, região que passa a funcionar como uma mola em arco, abrindo quando carregada.

PALAVRAS-CHAVE: Protótipos de bambu. Inovação. Material alternativo. Simulação numérica.

ABSTRACT

In this work was built and simulated tall bamboo crutches prototypes. The innovative arrangement allows new formats and functions for the equipment, such as the use of suspenders. The height of the crutch, combined with the use of suspenders for the arms, modifies the principle of operation of the crutch, expanding the user's comfort.

ANSYS Academic software was used to generate virtual models and computational analysis. The efforts and deflections caused by vertical loads were evaluated, with a maximum force of 280 N, applied to the upper part of the crutch. The prototypes were built with *Phyllostachys aurea* bamboo, from fishing rods found on the market. This choice was intended to reduce the cost of manufacture and allow easy reproduction of the prototype, due to the availability of the raw material in the national territory, making the product accessible to the low-income population. The computational results indicate that the tall bamboo crutches are mechanically resistant. Maximum loads of 95.2 N on the axillary support and 184.8 N on the hand support were simulated. In these conditions,



there was a displacement of 1.9 mm in the upper part of the crutch that starts to function as an arc spring, opening when loaded.

KEYWORDS: Bamboo prototypes. Innovation. Alternative material. Numerical simulation.

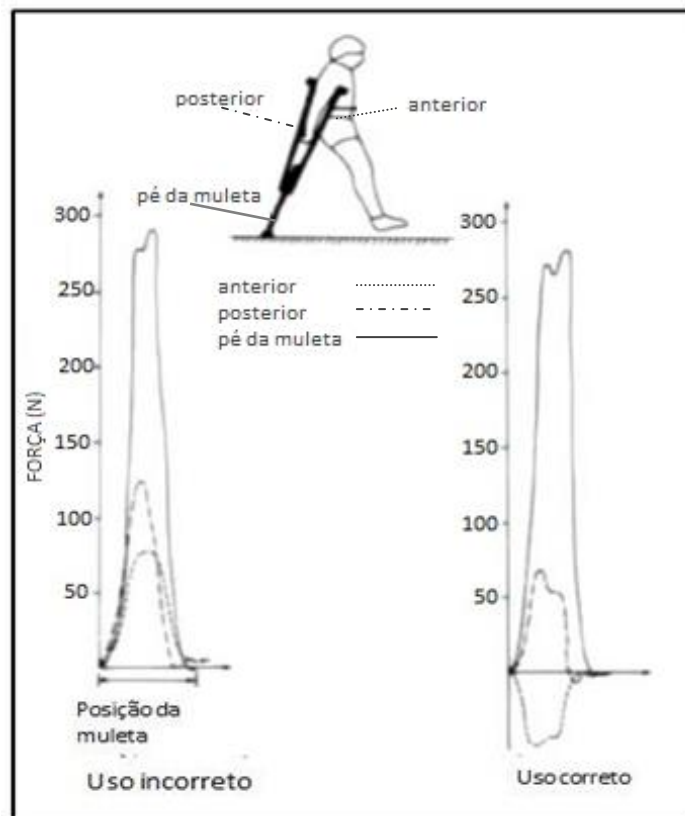
INTRODUÇÃO

Muletas são equipamentos essenciais para o auxílio de pessoas que possuem algum tipo de limitação temporária ou permanente na locomoção. Mas o uso frequente de muletas axilares pode causar diversos tipos de lesões, principalmente nas axilas e também nos pulsos dos usuários, devido à pressão causada pelos apoios sobre estas partes do corpo.

Segundo Basílio *et al* (2014), o uso de muletas pode ocasionar lesões vasculares nas axilas dos usuários, podendo levar a obstrução arterial aguda. O uso da muleta sob a região axilar pode levar à compressão traumática repetitiva crônica da artéria axilar, possibilitando tanto a formação de aneurisma, como de espessamento da parede arterial local.

Goh *et al* (1986), fizeram um estudo biomecânico sobre a caminhada de uma pessoa utilizando apenas uma perna com o auxílio de muletas axilares. Os autores constataram que as componentes de reações das forças verticais do solo, representam uma força de 21,6 % maior do que em uma caminhada normal. Segundo o estudo a força transmitida para o braço é 44,4 % o peso do corpo do usuário, e as forças uniaxiais ao utilizar a muleta podem alcançar picos de aproximadamente 280 N, como apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Forças uniaxiais em uma muleta axilar



Fonte: Adaptado de Goh *et al* (1986).

Um fator importante para o desenvolvimento de novos produtos é a busca por um maior grau de sustentabilidade. Deste modo, tem aumentado o uso de materiais alternativos na fabricação de produtos, que causem menos impacto ao meio ambiente na sua produção, durante o seu uso e após o seu descarte. Um material alternativo com elevado grau de sustentabilidade é o bambu, produzido com de baixo impacto ambiental negativo e elevados impactos positivos.

A parte lenhosa do bambu é um compósito natural formado de fibras de celulose em uma matriz de lignina, como a madeira das árvores. É leve, confiável, estável e possui boas propriedades mecânicas. Além disso, o colmo de bambu é um tubo vegetal. Ou seja, o bambu é um material apropriado para ser usado em diversas aplicações nas engenharias, sempre que seja possível substituir os materiais de maior conteúdo energético e impacto ambiental como os metais e os polímeros derivados de petróleo. Os valores da energia incorporada nos materiais construtivos mais comuns são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1- Energia incorporada nos materiais construtivos.

Material	Energia incorporada (MJ/ kg)	Energia incorporada (MJ/m ³)
Alumínio	210	567.000
Aço	30	235.500
Fibra de vidro	24	768
Madeira	0,5	300
Bambu	0,2	106

Fonte: Adaptado de Ghavami (1996) e Oliveira (2015).

No Quadro 1 adaptado de Vasata (2020), são mostrados os valores médios de resistência e módulo de elasticidade do bambu *Phyllostachys aurea*, em que: (RC) é a resistência à compressão, (RM) à flexão e (RT) à tração e os módulos de elasticidade médios de compressão (EC), flexão (EM) e tração (ET), nas regiões da base (B) e do meio (M) do colmo.

Quadro 1 - Valores médios de resistência e módulo de elasticidade, *Phyllostachys aurea*.

Autor	Rc (MPa)	RM (MPa)	RT (MPa)	EC (GPa)	ET (GPa)
Nascimento et al. (2008)	48,5	95,2		95,2	
Carvalho (2004 apud Pereira; Beraldo, 2007)	79,0		115,0		
Cruz (2002)	72,6 (B) 51,3 (M)		174,7(B) 220,3(M)	24,3(B) 22,7(M)	19,0(B) 16,3(M)
Vasata (2019)	215,64 (B) 205,69(M)				3,61 (B) 5,52 (M)

Fonte: Adaptado de Vasata (2020).

Ostapiv (2016) construiu a muleta axilar mostrada na Figura 2, usando o bambu *Phyllostachys aurea* ou cana-da-índia e Diniz (2017), avaliou suas principais características mecânicas.

Figura 2 – Muleta axilar feita com cana da Índia.



Fonte: Ostapiv (2016), apud Diniz (2017).

METODOLOGIA

Com o desenvolvimento computacional e o uso dos métodos de elementos finitos (MEF), passou a ser possível e viável a análise de estruturas de geometria complexa, constituídas por múltiplos materiais e sujeitas a diferentes tipos de carregamento.

Neste trabalho desenvolveu-se um modelo computacional para a muleta alta de bambu. Este modelo foi submetido à simulação numérica para análise dos deslocamentos da estrutura no espaço, causados pelos carregamentos teóricos aplicados.

Foram realizadas análises estáticas no modelo, desprezando as forças de inércia que podem atuar sobre os componentes e considerando um comportamento linear elástico dos materiais.

Santana (2008) obteve os valores médios das propriedades mecânicas para a espécie *Phyllostachys aurea*: módulo de elasticidade de 27,5 GPa; resistência a flexão de 95,2 Mpa; e resistência à compressão de 48,5 MPa. Estes valores, mais o coeficiente de Poisson de 0,26, Ostapiv *et al* (2019), foram adotados para a simulação estática das muletas altas de bambu neste trabalho.

RESULTADOS

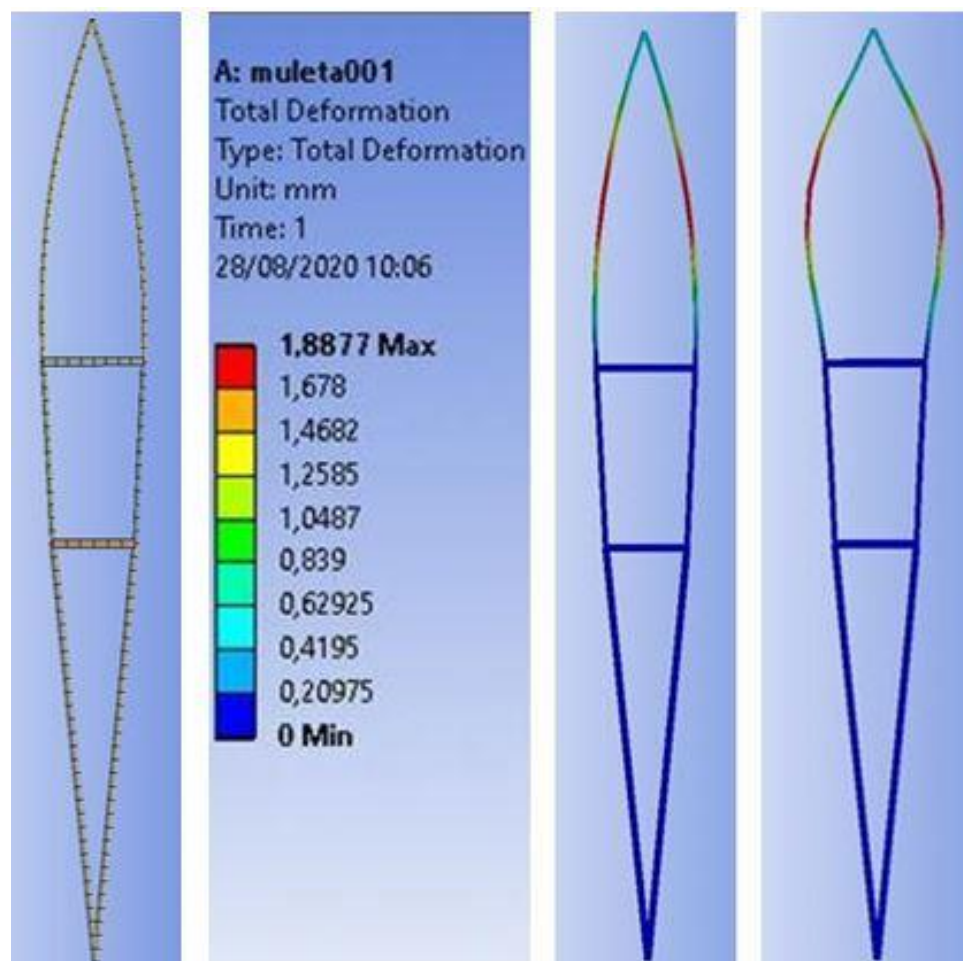
Na simulação computacional aplicou-se carga máxima total de 280 N sendo 95,2 N no apoio axilar e 184,8 N no apoio de mão. Nestas condições, houve um

deslocamento máximo de 1,9 mm na parte superior da muleta. Verificou-se, que a região alta da muleta funciona como uma mola em arco que abre quando carregada, característica desejada para o produto.

A malha gerada sobre o modelo computacional da muleta alta tem 155 elementos e 308 nós. Os resultados da simulação mostraram que os maiores deslocamentos da estrutura da muleta, ocorrem na parte superior do equipamento e na direção horizontal. Notou-se também que as deformações nas outras partes do equipamento são menores que as ocorridas na parte superior. Isto se deve a menor espessura de parede dos colmos de bambu na região alta da muleta em relação à parte inferior.

Na Figura 3 é mostrada a malha usada no modelo da muleta e as deflexões máximas ocorridas na região superior do equipamento, na escala real e com o efeito ampliado.

Figura 3 - Malha gerada e deflexão do modelo da muleta sob carregamento.



Fonte: Autoria própria (2020).

Embora a carga aplicada (280 N) não seja suficiente para produzir uma grande deformação (1,9 mm) na região crítica da estrutura, a rigidez da mesma pode ser aumentada com o emprego de um reforço transversal unindo os pontos críticos das duas barras do corpo da muleta.

Na Figura 4 é mostrado o protótipo da muleta alta em forma de asa com o uso de tirantes suspensórios para os braços, sendo utilizada.

Figura 4– Protótipo da muleta alta de bambu com suspensórios de braços.



Fonte: Autoria própria (2020).

CONCLUSÃO

A muleta alta de bambu, feita com varas de pesca, mostrou-se funcional, resistente e inovadora, pois permite o uso de tirantes suspensórios para os braços do usuário, modificando o princípio de funcionamento das tradicionais muletas axilares.

Os resultados da simulação computacional indicaram que as muletas altas de bambu são mecanicamente resistentes, suportando forças análogas as ocorridas durante a caminhada de uma pessoa utilizando apenas uma perna com o auxílio de muletas axilares tradicionais.

A construção dos protótipos usando bambu é simples, de fácil execução e o custo final do equipamento experimental foi baixo, apesar destes resultados não terem sido apresentados no trabalho.

Testes de campo com usuários do protótipo confirmaram que a muleta suporta o peso de uma pessoa de 80 kg e sugerem uma redução do desconforto na região das axilas, devido ao uso dos suspensórios para os braços do usuário. Mais testes neste sentido precisam ser realizados.

REFERÊNCIAS

BÁSILIO, M., R.; CANTADOR, A., A.; MOLINARI, G., J., P.; MENEZES, F., H.; **Oclusão arterial aguda de membro superior associada à utilização de muleta: relato de caso**, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Faculdade de Ciências Médicas, Departamento de Cirurgia, Disciplina de Moléstias Vasculares, Campinas - SP, 2014. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/jvb/v13n4/pt_1677-5449-jvb-13-04-0340.pdf

DINIZ, F. R. H.; **Muleta híbrida de baixo custo**. 2017. 65 p. (Trabalho de Conclusão de Curso) – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2017.

Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/9271>

GHAVAMI, K.; TOLEDO F. R. D.; **Desenvolvimento de Materiais de Construção de Baixo Consumo de Energia Usando Fibras Naturais, Terra e Bambu**. Revista Engenharia Agrícola. Publicação Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, Vol.2, p. 1-19, 1992.

GOH, J. C. H.; TOH, S. L.; BOSE, K.; **Biomechanical study on axillary crutches during single-leg swing-through gait**. Prosthetics And Orthosis International, [s.l.], v. 10, p.89-95, 1986. Disponível em: http://www.oandplibrary.org/poi/pdf/1986_02_089.pdf

SANTANA E.T.; **Construção de um centro de visitantes na Embrapa Fazendinha-Agroecológica utilizando materiais alternativos**. 2008. (Dissertação Mestrado), UFRJ – Seropédica, RJ, 2008. Disponível em: <http://repositorio.im.ufrj.br:8080/jspui/handle/1235813/2703>

OLIVEIRA, T., Y., M.; **Estudo Sobre o Uso De Materiais de Construção Alternativos que Otimizam a Sustentabilidade em Edificações**. (Projeto de Graduação) – UFRJ. Curso de Engenharia Civil. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10014837.pdf>

OSTAPIV, F., G., CASTRO, G.C., STAHLSCHMIDT, J., OSTAPIV, G.; **Simulação e avaliação experimental de estruturas geodésicas de bambu reforçadas com cabos MIX Sustentável**, v.6, n.3, p. 71-82. UFSC, Florianópolis, 2020. ISBN 10.29183/2447-3073 Disponível em: <http://ojs.sites.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/3867>

OSTAPIV, G.; **Projeto e simulação de muleta alta de bambu**. 2020. 50 p. (Trabalho de Conclusão de Curso) – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campus Pato Branco, 2020.

VASATA, A.C.D.P.; **Análise das propriedades estáticas e dinâmicas das espécies de bambu *Bambusa tuldoides* e *Phyllostachys aurea***. (Dissertação, Programa de Pós-Graduação) em Engenharia Civil – UTFPR, Campus Pato Branco, 80p., 2020. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/8604>