

**APARATO FOTOMECÂNICO PARA HIGIENIZAÇÃO E DECOLMIZAÇÃO do  
*Phyllostachys bambusoides catilonis* PARA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA**

**ÂNGELO ROBERTO BIASI<sup>1</sup>, KAWAN AGUIAR SILVA<sup>2</sup>, LEANDRO MORAES<sup>3</sup>,  
ANTONIO HENRIQUE BOARO RIBEIRO<sup>4</sup>, MARIA TEREZA PEDROSA SILVA  
CLÉRICI<sup>5</sup>, DANIEL ALBIERO<sup>6</sup>**

<sup>1</sup> Mestre, Faculdade de Engenharia Agrícola – FEAGRI – UNICAMP, [angelo.biasi@feagri.unicamp.br](mailto:angelo.biasi@feagri.unicamp.br)

<sup>2</sup> Estudante de Graduação Faculdade de Engenharia Agrícola – FEAGRI – UNICAMP, [k176006@dac.unicamp.br](mailto:k176006@dac.unicamp.br)

<sup>3</sup> Mestrando Faculdade de Ciências Aplicadas – UNICAMP – Limeira, [I096103@dac.unicamp.br](mailto:I096103@dac.unicamp.br)

<sup>4</sup> Engenheiro de Controle e Automação da UNIP – Campinas, [boaro@unicamp.br](mailto:boaro@unicamp.br)

<sup>5</sup> Prof.a Dr.a Livre Docente, Faculdade de Engenharia de Alimentos – UNICAMP, [mclerici@fea.unicamp.br](mailto:mclerici@fea.unicamp.br)

<sup>6</sup> Prof. Dr. Livre Docente, Faculdade de Engenharia Agrícola – FEAGRI – UNICAMP, [daniel.albiero@unicamp.br](mailto:daniel.albiero@unicamp.br)

Apresentado no  
LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023  
18 a 21 de outubro de 2023 – Ribeirão Preto - SP, Brasil

**RESUMO:** A humanidade tem se deparado com prognósticos sombrios a capacidade do planeta terra de sustentar a população que vem crescendo a cada ano sendo que os recursos naturais são limitados. Como recursos essenciais destacam-se os alimentos necessários para suprir a demanda humana em nutrir saudavelmente as pessoas. Nota-se que as espécies vegetais estão chegando ao limite de sua capacidade de produção não somente em termos genéticos como tecnológicos. Uma possibilidade para mitigar esse cenário realístico de escassez alimentícia pode ser a utilização de alimentos não paradigmáticos produzidos em larga escala, por exemplo o bambu, atualmente é utilizado como alimento o broto de bambu. Alguns desafios técnico-científicos para o processamento em grande escala para a alimentação massiva da humanidade, sendo um deles sistemas mecanizados para efetuar desde a colheita, o processamento em grandes quantidades mantendo o padrão exigido pela indústria alimentícia. Neste projeto pretende estudar as alternativas tecnológicas e inovadoras para o processamento em grandes quantidades para a produção de fibras e amido. Nossa hipótese é que a utilização do laser de CO<sub>2</sub> no processamento inicial do bambu permitirá uma decolmização (retirada da superfície externa do colmo) e higienização eficaz para posterior utilização na produção da farinha para uso alimentício. O estudo foi realizado em três etapas: Etapa I. validação da hipótese de que o laser de CO<sub>2</sub> apresenta eficácia para higienizar os colmos de bambu da espécie estudada. Etapa II. A definição e a análise dos parâmetros de profundidade de remoção da superfície externa, decolmização, pelo laser de CO<sub>2</sub>. Etapa III. construção do aparato fotomecânico a partir dos parâmetros estabelecidos nas etapas anteriores. A análise microbiológica dos espécimes de colmo de bambu-jovem após o tratamento com laser de CO<sub>2</sub> demonstrou redução de coliformes totais, coliformes tolerantes, de fungos totais, leveduras e filamentosos confirmando a hipótese de eficácia deste método na higienização do colmo-de-bambu. foi proposto o protótipo do aparato fotomecânico baseado em laser de CO<sub>2</sub> para higienização e decolmização de espécimes de colmo-de-bambu-jovem

**PALAVRAS-CHAVE:** Laser de CO<sub>2</sub>; máquina; bambu; produção

**PHOTOMECHANICAL APPARATUS FOR HYGIENIZATION AND  
DECOLMIZATION OF *Phyllostachys bambusoides catilonis* FOR FOOD INDUSTRY**

**ABSTRACT:** Humanity has been faced with gloomy prognoses regarding the ability of the planet Earth to sustain a population that has been growing every year, given that natural

resources are limited. As essential resources, the foods necessary to supply the human demand to nourish people healthily stand out. It is noted that plant species are reaching the limit of their production capacity, not only in genetic terms but also in technology. One possibility to mitigate this realistic scenario of food scarcity may be the use of non-paradigmatic foods produced on a large scale, for example, bamboo, currently bamboo shoots are used as food. Some technical-scientific challenges for large-scale processing for mass feeding of humanity,

one of them being mechanized systems to carry out, harvesting, processing in large quantities, and maintaining the standard required by the food industry. This project intends to study the technological and innovative alternatives for processing in large quantities to produce fibers and starch. Our hypothesis is that the use of the CO<sub>2</sub> laser in the initial processing of bamboo will allow decolmization (removal of the external surface of the culm) and effective cleaning for later use in the production of flour for food use. The study was carried out in three stages: Stage I. Validation of the hypothesis that the CO<sub>2</sub> laser is effective in cleaning the bamboo culms of the studied species. Step II. The definition and analysis of the depth parameters for removal of the external surface, decolmization, by the CO<sub>2</sub> laser. Step III. construction of the photomechanical apparatus from the parameters established in the previous steps. The microbiological analysis of specimens of young bamboo stem after treatment with CO<sub>2</sub> laser showed a reduction in total coliforms, tolerant coliforms, total fungi, yeasts and filamentous, confirming the hypothesis of effectiveness of this method in cleaning the bamboo stalk. a prototype of a photomechanical apparatus based on a CO<sub>2</sub> laser was proposed for cleaning and decolming specimens of young bamboo culm.

**KEYWORDS:** CO<sub>2</sub> laser, machine, bamboo, production

## **INTRODUÇÃO**

Diferentes espécies de bambu são utilizadas no setor industrial, na construção civil e na indústria alimentícia. Os colmos jovens do bambu apresentam um grande potencial para extração de fibras e amido, para as aplicações alimentícias. FELISBERTO *et al.* (2017) estudaram colmos jovens de bambus e encontraram resultados muito interessantes, tais com uma elevada proporção de massa seca de fibras extraíveis (60%), além de até 16% de amido, com excelentes características tecnológicas apresentada pela farinha, o que indicou um potencial muito grande para aplicações na indústria de alimentos. Entretanto a produção industrial, em larga escala requer a automação dos procedimentos, tendo em vista que o manejo inicial do bambu no Brasil, é ainda manual, trabalhoso e demorado. A primeira fase após a colheita requer a higienização, além da retirada da camada externa composta por lignina, decolmização. As técnicas atuais utilizadas nesta fase inicial têm sido revistas e empregam procedimentos químicos em sua maioria. Após a colheita os colmos de bambu ficam sujeitos a pragas, fungos e bactérias. Esta questão assume grande relevância para aplicação na indústria alimentícia. O parâmetro umidade é crítico neste processo, não devendo ultrapassar 12%. Nesta etapa os procedimentos clássicos utilizam a secagem que pode ser feita ao ar ou em estufa. A secagem ao ar é de baixo custo, mas com maior risco de infestação por pragas e fungos, a química é mais cara, mas mais efetiva, devendo ser avaliada a destinação final do produto se para a indústria moveleira ou alimentícia (LIESE & Ho, 2015).

A remoção a laser é uma técnica de processamento limpo, com baixa geração de poluentes ambientais e reduzido desgaste mecânico do equipamento pelo uso. O laser de CO<sub>2</sub> emite luz infravermelha com comprimento de onda de 10,6 µm, com potência de saída de 500 watts o que significa que tem penetração mais profunda (SALEH, 2019). O laser de CO<sub>2</sub> pode ser capaz de higienizar o colmo de bambu devido à sua capacidade de gerar altas temperaturas em um curto espaço de tempo, isso significa que tem a possibilidade de eliminar os microrganismos presentes na superfície do colmo de bambu.

O laser tem a propriedade de penetração de até 1,5 mm de profundidade o que se considera suficiente para atingir as camadas superficiais onde as bactérias e outros microrganismos estão presentes, o feixe de luz gerado pelo laser de CO<sub>2</sub> é altamente focado e coerente devido as

lentes serem colimadas; isso significa que a luz viaja em uma única direção, num única fase e frequência, essa luz é invisível ao ser humano e pode ser sentida como calor quando entra em contato com a pele. O laser de CO<sub>2</sub> promove uma grande redução microbiana na dependência do tipo de microrganismo, do tempo de exposição e da intensidade do feixe, sendo capaz de reduzir a carga bacteriana em até 99%. Nossa hipótese é que a utilização do laser de CO<sub>2</sub> no processamento inicial do bambu permitirá uma decolmização (retirada da superfície externa do colmo) e higienização eficaz para posterior utilização na produção da farinha para uso alimentício.

Este projeto pretende construir um aparato fotomecânico baseado em laser de CO<sub>2</sub> para processamento inicial do bambu (higienização e decolmização) para uso posterior na indústria alimentícia.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado em três etapas, a saber, Etapa I. validação da hipótese de que o laser de CO<sub>2</sub> apresenta eficácia para higienizar os colmos de bambu da espécie estudada. Os colmos jovens de bambu da espécie *Phyllostachys bambusoides catilonis* foram extraídos de touceira do campo experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) da UNICAMP. Aos colmos de bambu foi aplicado laser infravermelho de 100 watts com 10,6 µm e altura de 150 centímetros de distância do laser ao colmo-de-bambu e velocidade de 50mm/s. Foram realizados os testes microbiológicos em três amostras antes e após a aplicação do laser de CO<sub>2</sub> denominadas: 1A,1D, 2A, 2 D, 3A, 3D. As análises microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Apoio – Microbiologia, Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos segundo as recomendações da literatura (KORNACKI et al., 2015; RYU & WOLF HALL, 2015; SILVA et al., 2017). Etapa II. A definição e a análise dos parâmetros de profundidade de remoção da superfície externa, decolmização, pelo laser de CO<sub>2</sub>, será executada pelo Laboratório de Pós-colheita da FEAGRI, por microscopia eletrônica. De forma empírica, nesse estudo, a potência do laser, a velocidade de avanço e a largura de varredura serão estabelecidas como parâmetros de entrada e serão avaliadas as diferentes profundidades de remoção da camada de lignina para a calibração futura do aparelho. Etapa III. construção do aparato fotomecânico a partir dos parâmetros estabelecidos nas etapas anteriores.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

**Etapa I.** validação da hipótese de que o laser de CO<sub>2</sub> apresenta eficácia para higienizar os colmos de bambu da espécie estudada. Conforme descrito as amostras dos colmos foram submetidas ao laser de CO<sub>2</sub> sendo os resultados das análises microbiológicas apresentados na **tabela 1 e figura 2**. Em relação aos coliformes, conforme a tabela de resultados, duas amostras apresentaram uma pequena população: amostra 2A com 3,6 NMP/mL (número mais provável de bactérias por mL) - cada mL da amostra de swab tinha aproximadamente 4 bactérias do tipo coliformes totais. Amostra 3A com 28 NMP/mL - cada mL da amostra de swab tinha aproximadamente 28 bactérias. As amostras 2 AD e 3 AD não apresentaram crescimento de bactéria e, por isso o valor: <3 (3 é o limite de detecção do teste). Baseado nos resultados a hipótese de que o laser de CO<sub>2</sub> foi eficaz na higienização dos colmos de bambu para uso na indústria alimentícia foi corroborada. **Etapa II.** Os dados relativos ao estabelecimento dos parâmetros de profundidade de remoção da superfície externa, decolmização, pelo laser de CO<sub>2</sub> por motivos logísticos não puderam ser realizados até o momento, de tal forma que o experimento será novamente realizado para esta definição. **Etapa III.** na figura 2 observa-se o aparato mecânico construído para a rotação dos colmos de bambu durante o processo de higienização e decolmização o qual será acoplado na máquina de laser CO<sub>2</sub>. O aparato é composto pela base, o mancal e o motor de passo e demais constituintes que permitirão a rotação

do colmo de bambu e ação do laser de CO<sub>2</sub>.

A construção e o aperfeiçoamento de uma máquina para o processamento de bambu poderão ter inúmeras aplicações na indústria alimentícia. As características do laser de CO<sub>2</sub> relativas ao processamento limpo, além do baixo impacto ambiental tornam este tipo de aparato atrativo com possibilidade de escalabilidade. A etapa II deste projeto permitirá definir os parâmetros ótimos para a remoção da lignina das fibras de bambu para a melhora da digestibilidade e a textura dos produtos alimentícios derivados. Além destas vantagens o laser de CO<sub>2</sub> apresenta a potencialidade de eliminar potenciais contaminantes ou patógenos garantindo a segurança alimentar.

TABELA 1. Testes microbiológicos antes e após a exposição dos colmos ao Laser CO<sub>2</sub>

Amostra	Fungos Totais UFC/mL	Fungos Filamentosos UFC/mL	Leveduras UFC/mL	Coliformes Totais NMP/mL	Coliformes Termotolerantes NMP/mL
1 A	5,1 x 10 <sup>3</sup>	1,6 x 10 <sup>3</sup>	3,5 x 10 <sup>3</sup>	< 3	< 3
1 D1	< 10	< 10	< 10	< 3	< 3
2 A	6,5 x 10 <sup>3</sup>	8,5 x 10 <sup>2</sup>	5,6 x 10 <sup>3</sup>	3,6	< 3
2 D1	< 10	< 10	< 10	< 3	< 3
3 A	4,0 x 10 <sup>3</sup>	2,0 x 10 <sup>3</sup>	2,0 x 10 <sup>3</sup>	28	< 3
3 D1	< 10	< 10	< 10	< 3	< 3

1 A, 2 A e 3 A antes do laser, 1 DL, 2 DL, 3DL depois do laser

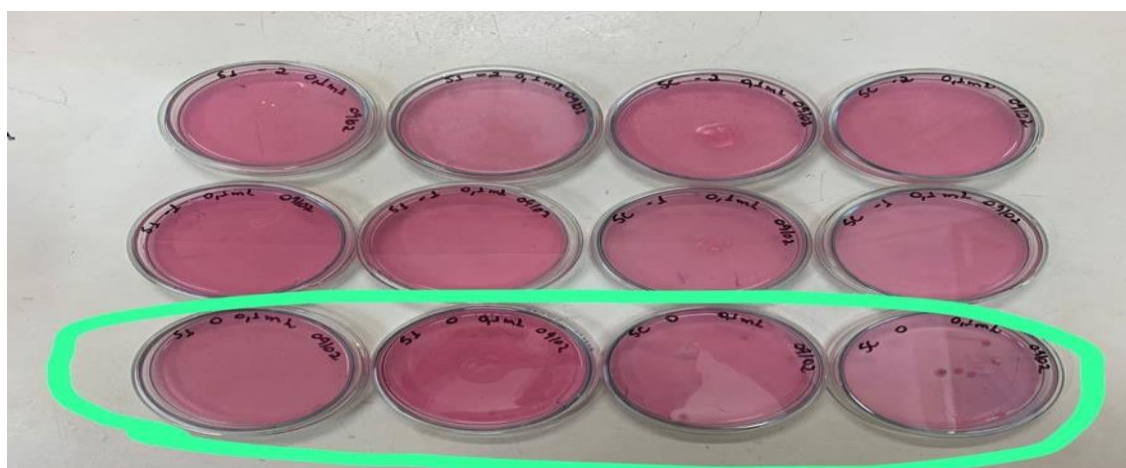
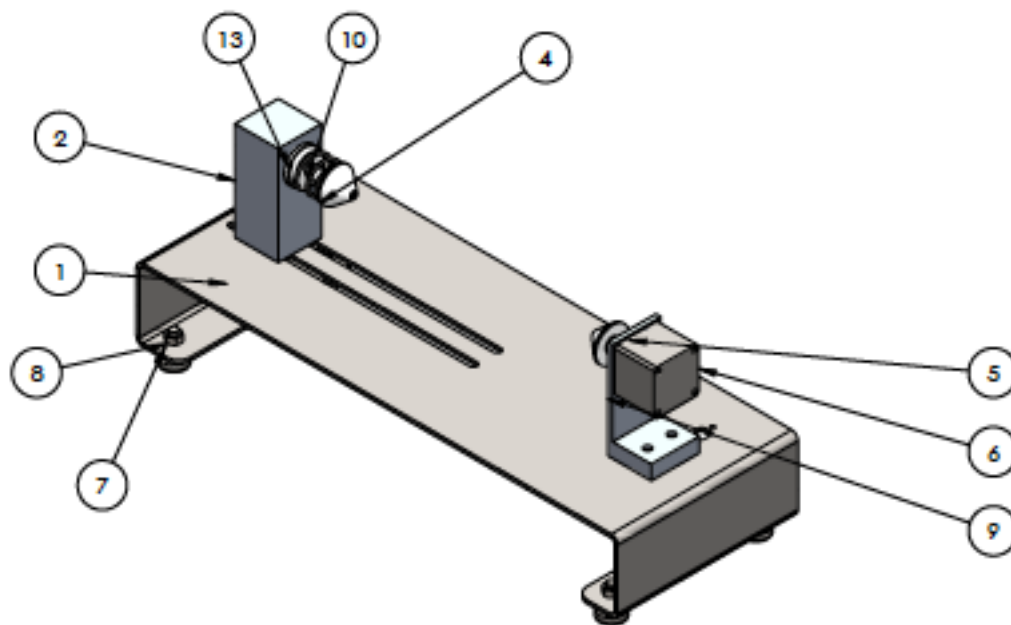


Figura 1. Placas de ágar para avaliação do crescimento dos microrganismos antes e após a aplicação do laser de CO<sub>2</sub> nas amostras dos colmos de bambu.



A

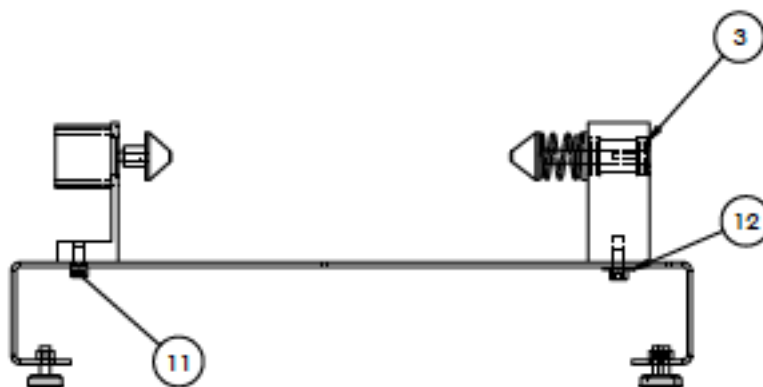


Figura 2. Aparato de rotação do colmo de bambu. A superior, B. lateral .1. base; 2. Mancal; 3. SKF – 608 -8, SI, NC,8\_68; 4. Contra ponto; 5. eixo de tração; 6. motor de passo; 7. pé de borracha; 8. B18.2.4.1M – Hex nut, Style 1, 1, M6 x 1-D-N; 9. mancal motor; 10. apoio de mola; 11. B18.3.1M – 6 x 1.0 x 12 Hex SHCS – 12NHX; 12. B18.22M – plain washer, 6 mm, regular; 13. mola

## CONCLUSÕES

A análise microbiológica dos espécimes de colmo de bambu-jovem após o tratamento com laser de CO<sub>2</sub> demonstrou redução de coliformes totais, coliformes tolerantes, de fungos totais, leveduras e filamentosos confirmando a hipótese de eficácia deste método na higienização do colmo-de-bambu. Este resultado corrobora a utilização do laser em escala para fazer a higienização do colmo-de-bambu. A partir deste resultado foi proposto o protótipo do aparato fotomecânico baseado em laser de CO<sub>2</sub> para higienização e decolmização de espécimes de

colmo-de-bambu-jovem com a perspectiva de aprimorá-lo, automatizá-lo bem como finalizar o estabelecimento dos parâmetros mais adequados de decolmização pelo laser de CO<sub>2</sub>.

**AGRADECIMENTOS:** Ao meu orientador de Doutorado Prof. Dr. Livre Docente Daniel Albiero; a o PPG da Faculdade de Engenharia Agrícola FEAGRI – UNICAMP representada pelo Prof. Dr. Ariovaldo José da Silva. A CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela bolsa de estudos. À Prof.a Dra Livre Docente Maria Tereza Pedrosa Silva Clérici da Faculdade de Engenharia de Alimentos -UNICAMP.

**REFERÊNCIAS:** ALBIERO, D., XAVIER, R. S., GARCIA, A. P., MARQUES, A. R., RODRIGUES, R. L.(2019). The technological level of agricultural mechanization in the State of Ceará, Brazil. **Engenharia Agrícola**, 39 (1). <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-eng.agric.v39n1p133-138/2019>.

FELISBERTO, M. H. F.; MIYAKE, P. S. E.; BERALDO, A. L.; CLERICI, M. T. P. S. Young bamboo culm: potential food as a source of fiber and starch. **Food Research International**. Nov; 101:96-102. 2017. DOI: 10.1016/j.foodres.2017.08.058.

KORNACKI, J.L. GURTLER, J.B. & STAWICK, B.A. Enterobacteriaceae, coliforms, and E. coli as quality and safety indicators. In SALFINGER, Y & TORTORELLO, M.L. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. 5Th ed., American Public Health Association, Washington, D.C., 2015.

W. LIESE AND T. K. HO. TANG, “Preservation and Drying of Bamboo,” in Bamboo. The plant and its Uses, vol. 10, 2015, pp. 257–297.

RYU, D. & WOLF-HALL, C. Yeast, and Molds. In SALFINGER, Y & TORTORELLO, M.L. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. 5th ed., American Public Health Association, Washington, D.C., 2015.SALEH, B.E.A Fundamental of Photonics. Pg. 606-table 15.3-1 2ª edição fev. 2019.Fundamental of Photonics. 535.15/Sa32/2. ed.e.02.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A.; TANIWAKI, M. H.; GOMES, A.R; OKAZAKI, M.M. Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos e Água. 5a ed. São Paulo: Livraria Varela, 2017.