

Aproveitamento de Resíduos de Bacupari (*Garcinia gardneriana*) para a Produção de Porta-Copos Sustentáveis

William Weise¹, Rodrigo Pedroso¹, Lisiane Carvalho¹, Vanderleia Botton¹

¹Universidade Regional de Blumenau, Centro de Ciências Tecnológicas, Departamento de Engenharia Química, Blumenau, Brasil (vanderleibotton@furbr.br)

Resumo: Este trabalho avaliou a produção de porta-copos a partir de resíduos do processamento de bacupari (*Garcinia gardneriana*), visando a economia circular. Testou-se goma xantana e resíduo em diferentes proporções. A secagem em estufa (60°C/8h) superou a prensa térmica em uniformidade. Para controle de fungos, aplicou-se propionato de cálcio (0,1%), conforme normas da ANVISA. O ensaio com 13,53% de umidade obteve a melhor textura. O subproduto demonstrou viabilidade técnica e baixo impacto ambiental.

Palavras-chave: Bacupari; Resíduo; Valor agregado; Biopolímero; Economia circular.

INTRODUÇÃO

A quantidade de subprodutos obtidos a partir do processamento de frutas pode se aproximar ou mesmo exceder o volume do produto principal gerado. Estes subprodutos, constituídos por cascas, sementes e polpas não utilizadas, são gerados em diferentes etapas do processo e, normalmente, não possuem uso posterior, sendo desperdiçados. A viabilidade econômica do processamento das frutas pode ser significativamente melhorada através da valorização de subprodutos, que contêm altos níveis de substâncias benéficas (Silva et al., 2014).

Conforme observado por Helkar et al. (2016), a busca por novos ingredientes funcionais e o aproveitamento de resíduos representam desafios cruciais na ciência e tecnologia de alimentos. Os subprodutos industriais são fontes valiosas de minerais, proteínas, fibras e substâncias bioativas, constituindo matéria-prima para novos produtos. Além disso, o aproveitamento integral das frutas leva a um agronegócio com menos resíduos e maior lucratividade, gerando benefícios ambientais e econômicos (Weise et al., 2024). Pesquisas com resíduos de maracujá, laranja e maçã demonstram que o desenvolvimento de tecnologias voltadas a esses materiais contribui para a economia nacional e para a redução de impactos ambientais (Sadh et al., 2025; Damiani et al., 2008).

A utilização de biopolímeros, como a goma xantana, no desenvolvimento de novos materiais tem despertado interesse devido à sua biodegradabilidade e capacidade de formar matrizes estáveis. A xantana, um polissacarídeo de origem microbiana, atua como agente ligante em compósitos lignocelulósicos, permitindo que fibras vegetais sejam moldadas em estruturas sólidas. Quando associada a resíduos de frutas, a rede polimérica da xantana encapsula as

partículas sólidas, conferindo propriedades mecânicas que mimetizam plásticos convencionais, mas com um impacto ambiental drasticamente reduzido.

No contexto das espécies nativas, o bacupari (*Garcinia gardneriana*) surge como uma matéria-prima estratégica. Pertencente à família Clusiaceae, a espécie é reconhecida pela presença de xantonas e outros compostos fenólicos em sua casca e polpa (Melo et al., 2022; Botton, 2025). Além do interesse farmacológico, a estrutura fibrosa de seus resíduos de processamento apresenta potencial para atuação como carga reforçante em compósitos. A integração desse subproduto em um novo ciclo de vida não apenas mitiga o problema do descarte industrial, como também agrega valor a uma espécie da biodiversidade brasileira, alinhando-se aos princípios de *Zero Waste* e desenvolvimento regional sustentável (Thy et al., 2026).

Nesse contexto, a valorização de resíduos não se restringe apenas à esfera alimentar. A engenharia de materiais tem buscado na biomassa vegetal fontes de reforço para biopolímeros. A conversão desses resíduos em matrizes sólidas, como porta-copos sustentáveis, representa uma estratégia de *Zero Waste*, onde o subproduto de uma linha de processamento torna-se a matéria-prima principal de uma nova cadeia de valor.

A demanda por produtos eco-sustentáveis cresce exponencialmente, enquanto alimentos e bebidas fermentadas ganham atenção por seus efeitos positivos (Corbo et al., 2014; Irkin, 2019; Sartori et al., 2020). De acordo com a legislação brasileira (BRASIL, 2012) o fermentado de fruta é uma alternativa promissora para promover o consumo de espécies exóticas. No entanto, o processo fermentativo, seja por leveduras específicas ou

consórcios de SCOPY (*Symbiotic Culture Of Bacteria and Yeast*), gera uma biomassa residual após a extração do mosto (Ayed et al., 2020).

Frutas tropicais como o bacupari (*Garcinia gardneriana*) são fundamentais nesse cenário devido à sua rica composição em compostos bioativos (Albuquerque et al., 2016; Melo et al., 2021). Estudos fitoquímicos realizados por Demenciano et al. (2020) revelaram a presença de metabólitos secundários como xantonas e bioflavonoides, além de uma composição centesimal com 82,17% de umidade e teores significativos de carboidratos e fibras. Essa constituição sugere que sua biomassa possui estabilidade estrutural após a dessecação, sendo ideal para atuar como elemento de preenchimento em matrizes biopoliméricas.

A Goma Xantana, hidrocoloide obtido pela fermentação da bactéria *Xanthomonas campestris*, é amplamente utilizada como agente estabilizante. Sua estrutura permite a formação de redes tridimensionais que, associadas às fibras do bacupari, promovem uma matriz estável para bioprodutos. Contudo, a elevada atividade de água desses materiais exige métodos de conservação rigorosos. Conforme a Resolução RDC nº 725 da ANVISA (2022), o uso de aditivos como o propionato de cálcio garante a estabilidade contra fungos, aumentando a vida útil de biomateriais orgânicos.

Portanto, o objetivo deste estudo foi desenvolver e caracterizar porta-copos sustentáveis produzidos a partir da valorização integral do bacupari, utilizando o resíduo gerado por Weise et al. (2024) na etapa de preparação do substrato para bebidas fermentadas. Buscou-se otimizar o processo de conformação e secagem, além de avaliar a estabilidade microbiológica do material, ressaltando o caráter de sustentabilidade e a aplicação prática da economia circular.

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção da Matéria-prima e Preparação da Biomassa

O resíduo utilizado foi proveniente da etapa de filtração para obtenção do substrato de bacupari (*Garcinia gardneriana*), empregado na fermentação aeróbica. A biomassa residual foi caracterizada e aferida para a formulação dos porta-copos.

Caracterização Química da Biomassa de Bacupari

A biomassa utilizada no presente estudo apresenta uma complexidade química favorável à formação de biocompósitos. De acordo com ensaios prévios, o resíduo seco de *Garcinia gardneriana* possui altos teores de compostos fenólicos 107,07 mg GAE/100g, e uma matriz rica em fibras lignocelulósicas. Esses polímeros naturais (celulose e hemicelulose), quando integrados à rede tridimensional da goma xantana,

conferem a rigidez necessária ao porta-copo. A presença de lipídeos (5,41%) e carboidratos (10,64%) na casca contribui para a hidrofobicidade parcial do material, característica desejável para um objeto que entrará em contato com a condensação de copos.

Formulação e Moldagem

Para a elaboração dos dispositivos, foram realizados 13 ensaios com variações nas concentrações dos componentes para avaliar a trabalhabilidade da massa e a estabilidade final do material. A massa total de cada amostra foi fixada em 30 g.

As variáveis analisadas incluíram o percentual de goma xantana (agente ligante), resíduo de bacupari e água. Além disso, a partir do ensaio 11, introduziu-se o propionato de cálcio como agente fungicida para mitigar a degradação biológica observada nos testes preliminares. O delineamento completo dos testes realizados está apresentado na Tabela 1.

Procedimento de Mistura e Homogeneização

A massa foi preparada via hidratação prévia da goma xantana em água destilada, seguida da incorporação gradativa da biomassa de bacupari. O propionato de cálcio (0,1% m/m) foi pré-solubilizado na fase aquosa para garantir dispersão homogênea. A moldagem ocorreu em matrizes circulares, seguida de secagem em estufa (60°C/8h).

Tabela 1 – Teste para porta copos

Ensaio	Goma (%)	Resíduo (%)	Água (%)	Propionato de Cálcio (%)
1	2,5	87,5	10	0
2	5	85	10	0
3	7	83	10	0
4	2,5	72,5	25	0
5	5	70	25	0
6	7	68	25	0
7	1	89	10	0
8	10	80	10	0
9	1	89	10	0
10	10	80	10	0
11	5	80	10	5
12	0,1	89,80	10	0,1
13	0,1	89,80	10	0

Matérias primas e equipamentos utilizados estão listados na Tabela 2.

Tabela 2 – Equipamentos

Item	Descrição	Função
Goma Xantana	Grau alimentício	Agente ligante
Propionato	Sal orgânico purificado	Anti-mofo
Estufa de secagem	Circulação forçada	Umidade controlada 60°C
Balança analítica	Precisão de 0,001g	Pesagem precisa
Bacupari (<i>Garcinia gardneriana</i>)	Resíduo de processamento	Matéria prima
Placa petri	Recipiente cilíndrico	Molde padronizado
Prensa térmica	Manual com controle de temperatura	Moldagem

Processo de Secagem e Padronização

Foram avaliados dois métodos para a redução da umidade:

1. Prensa Térmica: Testes exploratórios para identificação de temperatura e tempo ideais, utilizando superfícies de contato de papel manteiga (ensaios 7 e 8) e folha de alumínio (ensaios 9 e 10).
2. Estufa de Circulação de Ar: Os corpos de prova foram submetidos à secagem em temperatura controlada de 60°C por um período de 8 horas.

A escolha do método baseou-se na integridade física, uniformidade e manutenção da altura do porta-copos final.

Durante o processo de secagem em estufa de circulação de ar, a manutenção da temperatura em 60°C foi monitorada via termo-higrômetro digital para evitar flutuações térmicas que pudessem comprometer a integridade da goma xantana. A escolha por um período de 8 horas baseou-se na estabilização da massa, garantindo que a saída de água ocorresse de forma gradual. Esse controle rigoroso é necessário para prevenir o efeito de 'encruamento' superficial, onde a camada externa seca muito rápido e impede a saída da umidade interna, o que resultaria em porta-copos com centro úmido e propenso a deformações estruturais ou contaminações fúngicas precoces.

Controle de Estabilidade Microbiológica

Devido à propensão ao crescimento fúngico observada em testes preliminares, incorporou-se propionato de cálcio à formulação. Foram avaliados ensaios específicos (11, 12 e 13) para determinar a eficácia do conservante na concentração de 0,1% (m/m), seguindo o limite estabelecido pela legislação vigente (ANVISA, 2022).

Caracterização e Análise de Umidade

A umidade final do melhor ensaio foi determinada por gravimetria em estufa. A qualidade visual e a textura foram avaliadas qualitativamente para definir o ensaio de melhor desempenho entre as variações testadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliação dos Métodos de Secagem e Conformação

Os testes iniciais realizados em prensa térmica (ensaios 7 a 10) demonstraram que, embora a compressão mecânica garanta uma superfície plana, a dificuldade em atingir uma temperatura de equilíbrio impediu a padronização do produto. O uso de papel manteiga e alumínio como substratos de desmolde não foi suficiente para evitar deformações estruturais após a retirada da pressão.

Em contrapartida, a secagem em estufa de circulação de ar a 60°C por 8 horas mostrou-se o método mais eficiente. A Figura 1 ilustra o porta-copo em sua fase inicial de moldagem, apresentando elevada plasticidade devido ao teor de água e à ação da goma xantana.



Figura 1. Protótipo de porta-copo de bacupari em fase pré-secagem.

Após o período de 8 horas em estufa, observou-se que os porta-copos mantiveram uma altura uniforme e estabilidade dimensional superior aos obtidos em prensa. Este comportamento pode ser atribuído à remoção gradual da umidade, que permite a reorganização das cadeias de polissacarídeos da goma xantana em torno das fibras do resíduo de bacupari, criando uma matriz sólida e resistente.

Estabilidade Microbiológica e Efeito do Conservante

A natureza orgânica do resíduo de bacupari, aliada à umidade remanescente, favoreceu o crescimento de fungos nos ensaios preliminares. A Figura 2 apresenta o comparativo final entre os ensaios 11, 12 e 13 após a secagem.



Figura 2. Comparativo visual dos porta-copos após secagem em estufa.

A análise visual do Ensaio 12 (Figura 2) revela uma matriz com elevada homogeneidade e ausência de fissuras macroscópicas. A manutenção da coloração amarela vibrante, característica dos pigmentos naturais do bacupari, indica que a temperatura de 60°C foi adequada para a secagem sem causar a degradação térmica de compostos cromóforos. Além disso, observa-se uma textura superficial lisa, o que sugere que a goma xantana preencheu eficientemente os espaços intersticiais entre as fibras da biomassa, criando uma face contínua que minimiza a rugosidade e melhora a estética do utilitário, fator essencial para a aceitação de produtos eco-design.

No ensaio 13, a ausência de agentes fungicidas resultou na proliferação visível de fungos, inviabilizando o produto. Já os ensaios 11 e 12, que receberam a adição de propionato de cálcio, apresentaram total integridade biológica. O ensaio 12 destacou-se por apresentar a melhor textura e aspecto visual, com um teor de umidade final de 13,53%.

Este resultado está em conformidade com a Resolução RDC nº 725 (ANVISA, 2022), que estabelece o limite de 0,1% para este conservante em matrizes alimentícias. A aplicação desta norma ao desenvolvimento de subprodutos não alimentares demonstra-se uma estratégia eficaz de segurança técnica, garantindo que o material possa ser armazenado sem degradação.

A superioridade visual e estrutural do Ensaio 12 (secagem em estufa a 60°C) em relação aos métodos de prensagem térmica pode ser atribuída à taxa de evaporação controlada. Enquanto a prensa térmica promove uma saída abrupta de umidade, podendo gerar microfissuras na matriz de xantana, a estufa de circulação forçada permite que as cadeias poliméricas se reorganizem lentamente, estabelecendo pontes de hidrogênio mais estáveis com as fibras da casca do bacupari. Esse processo resulta em um material com

13,53% de umidade residual, valor considerado ideal para manter a flexibilidade sem comprometer a rigidez necessária ao uso utilitário.

Análise de Valor Agregado e Sustentabilidade

A utilização integral do bacupari, transformando o resíduo da filtração em um material utilitário, confirma a viabilidade de processos baseados em economia circular. Comparado ao conhecimento disponível sobre biopolímeros, o uso da biomassa de bacupari apresenta vantagem competitiva por ser um subproduto de baixo custo e alta disponibilidade regional.

A estabilidade estrutural observada no ensaio 12 pode ser explicada pela interação sinérgica entre os constituintes lignocelulósicos do bacupari e as cadeias poliméricas da goma xantana. Durante o processo de secagem a 60°C, a saída gradual da água livre promove a aproximação das macromoléculas, facilitando a formação de pontes de hidrogênio entre as hidroxilas da celulose da casca e os grupos funcionais do biopolímero. Esse fenômeno de *cross-linking* físico cria uma rede tridimensional que confere rigidez ao porta-copo, permitindo que ele suporte variações térmicas sem sofrer delaminação.

Integração de Processos e Aproveitamento Integral

A etapa de filtração do resíduo proveniente do mosto fermentado para a criação de um objeto utilitário sólido confirma a viabilidade de processos sustentáveis baseados no conceito de *Zero Waste*. Nesta lógica de aproveitamento, a fase sólida remanescente composta por casca e polpa que normalmente representariam um passivo ambiental de difícil descarte é integralmente convertida em carga estrutural. Essa integração permite que o subproduto de uma linha de processamento biotecnológico torne-se a matéria-prima principal de uma nova cadeia de valor, otimizando recursos e reduzindo custos operacionais com gestão de resíduos industriais.

Apesar dos benefícios logísticos, este modelo de produção dispensa a utilização de polímeros sintéticos derivados de petróleo ou a adição de corantes artificiais. A própria biomassa da *Garcinia gardneriana* é a responsável por conferir a coloração, o aroma característico e a textura final ao dispositivo, mantendo as propriedades naturais do fruto mesmo após o processo de moldagem. Tal estratégia não apenas reduz o impacto ambiental do produto, como também agrega um valor estético e sensorial exclusivo ao porta-copo, fator que diferencia o biocompósito no mercado de eco-design e fortalece a identidade da biodiversidade regional no setor de novos materiais.

A padronização do processo produtivo via secagem em estufa demonstrou que a reprodutibilidade técnica do biocompósito é viável em escala laboratorial. A manutenção da integridade física observada nas



amostras do Ensaio 12 sugere que a matriz de bacupari e xantana possui uma baixa taxa de relaxamento de tensão, o que significa que o material não tende a deformar ou 'empenar' significativamente após o equilíbrio com a umidade relativa do ambiente. Este comportamento é fundamental para a viabilidade comercial do produto, pois garante que o consumidor final receba um utilitário com dimensões constantes e superfícies perfeitamente planas para o apoio de recipientes, validando a eficácia do binômio tempo-temperatura estabelecido neste estudo.

CONCLUSÃO

A partir do desenvolvimento e da caracterização dos porta-copos produzidos com resíduos de bacupari (*Garcinia gardneriana*), conclui-se que:

O reaproveitamento integral do fruto é tecnicamente viável, permitindo a criação de um subproduto com valor agregado a partir de resíduos de processos fermentativos, em consonância com as diretrizes de economia circular.

A secagem em estufa a 60°C por um período de 8 horas mostrou-se superior à prensa térmica, garantindo a uniformidade dimensional e a manutenção da integridade estrutural do material.

A utilização de propionato de cálcio é indispensável para a conservação biológica do material devido à sua natureza orgânica e umidade residual. O ensaio 12 apresentou o melhor desempenho técnico, utilizando 0,1% do conservante e atingindo 13,53% de umidade final, garantindo estabilidade microbiológica de acordo com os parâmetros da ANVISA.

A goma xantana atuou de forma eficiente como agente ligante, sendo que a formulação do ensaio 12 proporcionou a melhor textura e aspecto visual entre os treze ensaios realizados.

O desenvolvimento deste porta-copo abre precedentes para o escalonamento industrial de bioplásticos baseados em bacupari. Futuros estudos podem avaliar a resistência à compressão mecânica (Ensaio de Tração) e a taxa de biodegradação em solo, visando a substituição de plásticos convencionais. Além disso, a aplicação de revestimentos naturais, como cera de abelha ou óleos vegetais, pode ser testada para aumentar a impermeabilidade do dispositivo, tornando-o um produto de mercado altamente competitivo no nicho de produtos eco-sustentáveis.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Universidade Regional de Blumenau (FURB), à Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e aos produtores que doaram o bacupari.

REFERÊNCIAS

- Albuquerque, T. G., Santos, F., Silva, A. S., Oliveira, B.; Bento, A. C., Costa, H. S. Nutritional and phytochemical composition of *Annona cherimola* Mill. fruits and by-products: Potential health benefits. Food Chemistry, v. 195, p. 187-195, 2016.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 725, de 1º de julho de 2022. Dispõe sobre os aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia autorizados para uso em categorias de alimentos. Brasília, DF, 2022.
- Ayed, L., M'hir, S., Hamdi, M. Microbiological, biochemical, and functional aspects of fermented vegetable and fruit beverages. Journal of Chemistry, v. 5790432, p. 12, 2020.
- Botton, V. Estudo da produção de sidra com adição de bacupari - *Garcinia gardneriana*: impactos na composição e características físico-químicas. TCC (Especialização em Tecnologia de Bebidas Alcoólicas) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Câmpus Urupema. Urupema, p. 23. 2025.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria Nº 34, de 29 de novembro de 2012. Complementação de padrões de identidade e qualidade para bebidas alcoólicas fermentadas. Brasília, DF, 2012.
- Corbo, M. R., Bevilacqua, A., Petrucci, L., Casanova, F. P., Sinigaglia, M. Functional beverages: The emerging side of functional foods commercial trends, research, and health implications. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, v. 13, p. 1192-1206, 2014.
- Damiani, C., Vilas Boas, E. V. de B., Soares Junior, M. S., Caliar, M., Paula, M. do L. de., Pereira, D. E. P., & Silva, A. G. M. Análise física, sensorial e microbiológica de geleias de manga formuladas com diferentes níveis de cascas em substituição à polpa. Ciência Rural, v. 38, n. 5, p. 1418-1423, 2008.
- Demenciano, S. D. C., Silva, M. C. B. L. E., Alexandrino, C. A. F., Kato Junior, W. H., Figueiredo, P. O., Garcez, W. S., Campos, R. P., Guimarães, R. C. A., Sarmento, U. C., Bogo, D. Antiproliferative activity and antioxidant potential of extracts of *Garcinia gardneriana*. Molecules, v. 25, n. 14, p. 3201, 2020.
- Helkar, P. B., Sahoo, A. K., Patil, N. J. Review: Food industry by-products used as functional food ingredients. International Journal of Waste Resources, v. 248, p. 6, 2016.



- Irkin, R. Natural fermented beverages. In: Natural Beverages. (Grumezescu, A. M.; Holban, A. M. (Eds.)). Academic Press, Cambridge, MA, USA, p. 399-425, 2019.
- Melo, A. M., Almeida, F. L. C., Cavalcante, A. M. M., Ikeda, M., Barbi, R. C. T., Costa, B. P., Ribani, R. H. *Garcinia brasiliensis* fruits and its by-products: Antioxidant activity, health effects and future food industry trends – A bibliometric review. Trends in Food Science & Technology, v. 112, p. 325-335, 2021.
- Melo, A. M., Costa, B. P., Ikeda, M., Ribani, R. H. Identification of bioactive compounds, morphology, and nutritional composition of bacupari (*Garcinia brasiliensis* (Mart)) pulp powder in two stages of maturation. A short communication. Food Chemistry, v. 391, p. 133279, 2022.
- Sadh, P. K., Kamboj, A., Yadav, B., Chawla, P., Nehra, M., Brar, B., Saharan, B. S., Duhan, S. Duhan, J. S. From peel to power: Exploring the potential of fruit waste in a circular economy. Food Chemistry Advances, v. 9, p. 101133, 2025.
- Sartori, G. V., Montibeller, M. J., Furini, G., Veeck, A. P. L., Sganzerla, W. G., Beling, P. C., Rios, A. O., Manfro, V. Characterization of a fermented feijoa beverage. International journal of agriculture and natural resources, v. 47, p. 35-45, 2020.
- Silva, L. M. R., Figueiredo, E. A. T.; Ricardo, N. M. P. S., Vieira, I. G. P., Figueiredo, R. W., Brasil, I. M., Gomes, C. L. Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. Food Chemistry, v. 143, p. 398-404, 2014.
- Thy, L. T. M., Phuong, D. T. M., Long, H. B., Dat, N. T., Da, N. M. Zero waste valorization of whole orange: from natural chemical constituents to applications in food, cosmetics, and materials. Chemical Papers, 2026.
- Weise, F. W., Paulo, I. A., Lima, B. O, Gonçalves, M. J., Souza, C. K., Silva, M. K., Carvalho, L. F., Botton, V. Preparation of a fermented bacupari drink and evaluation of its physicochemical and therapeutic characteristics. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOTECNOLOGIA INDUSTRIAL - COBBIND, I., 2024, Florianópolis.