



BAMBU *ECO BEATS*: BENEFÍCIOS AMBIENTAIS E ACÚSTICOS DE CAIXAS DE SOM DE BAMBU NA AMAZÔNIA

BAMBOO ECO BEATS: ENVIRONMENTAL AND ACOUSTIC BENEFITS OF BAMBOO SPEAKERS IN THE AMAZON

DOI: 10.5281/zenodo.21251419



*Davi Farias Souza*¹

*Erik Cuellar Coutinho*²

*Mario Elias Maфра Ramos*³

*Marcia Cecilia Rodrigues de Oliveira*⁴

*Luiza Santos Bentes*⁵

*Antonio Bentes da Silva Filho*⁶

*Josyane Brasil da Silva*⁷

*Lucy Anne Cardoso Lobão Gutierrez*⁸

*Seidel Ferreira dos Santos*⁹

*Eliane de Castro Coutinho*¹⁰

1 Engenheiro de Produção. E-mail: fariassouzadavi@gmail.com.

2 Engenheiro de Produção e Mestrando do Programa de Tecnologia, Recursos Naturais e Sustentabilidade na Amazônia (PPGTEC) da Universidade do Estado do Pará (UEPA). E-mail: erik.coutinho@uepa.aluno.br.

3 Engenheiro de Produção. E-mail: mario_elias_ramos@hotmail.com.

4 Doutora em Administração e docente do Centro Universitário da Amazônia (CESUPA). E-mail: marcia.oliveira@prof.cesupa.br.

5 MBA em Gestão de Escritórios de Arquitetura e Design de Interiores. E-mail: luizabentes2000@gmail.com.

6 Mestre do PPGTEC da UEPA e doutorando do Programa em Ciências Ambientais (PPGCA) da UEPA. E-mail: bentesbm@gmail.com.

7 Doutorado em saúde Animal na Amazônia e docente do PPGTEC da UEPA. E-mail: josybrasil@uepa.br.

8 Doutora em Ciências/Geologia e docente do PPGTEC da UEPA. E-mail: lucyannegutierrez@gmail.com.

9 Doutor em Biotecnologia e Biodiversidade e docente do PPGTEC da UEPA. E-mail: seidelsantos@uepa.br.

10 Doutora em Ciências Ambientais e docente do PPGTEC da UEPA. E-mail: elianecoutinho@uepa.br.

Revista *OWL Journal*, Campina Grande - PB, v. 4 n. 7 (2026) - ISSN 2965-2634

A Revista *OWL Journal* está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição (CC BY)





RESUMO

Esta pesquisa apresenta o desenvolvimento de um protótipo de caixa de som sustentável, a Bambu Eco Beats, utilizando bambu como material principal e combinando técnicas de manufatura aditiva e convencional. Esse protótipo alinha a inovação tecnológica aos princípios ESG (Ambiental, Social e Governança), visando oferecer uma solução que reduza impactos ambientais e atenda às demandas por produtos ecologicamente responsáveis. Foram realizados estudos sobre as propriedades acústicas e estruturais do bambu, além de testes de protótipos impressos em PLA e resina. Os resultados demonstraram uma alta qualidade sonora, estética aprimorada e potencial para aplicação em larga escala, embora ajustes sejam necessários para aprimorar a portabilidade e a produção industrial. Este trabalho contribui com inovações no setor de áudio e promove o uso de materiais renováveis na criação de produtos tecnológicos.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Bambu; Caixa de Som; Manufatura Aditiva; ESG; Design Sustentável; Inovação Acústica; Protótipo.

ABSTRACT

This work presents the development of a prototype for a sustainable speaker, the Bambu Eco Beats, using bamboo as the primary material and combining additive and conventional manufacturing techniques. The project aligns technological innovation with ESG (Environmental, Social, and Governance) principles, aiming to provide a solution that reduces environmental impacts and meets the demand for environmentally responsible products. Studies were conducted on the acoustic and structural properties of bamboo, along with tests on prototypes printed in PLA and resin. The results demonstrated high sound quality, enhanced aesthetics, and potential for large-scale application, although adjustments are necessary to improve portability and industrial production. This work contributes to innovations in the audio sector and promotes the use of renewable materials in the creation of technological products.

Keywords: Sustainability; Bamboo; Speaker; Additive Manufacturing; ESG; Sustainable Design; Acoustic Innovation; Prototype.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, o mundo passa por um momento de crescente conscientização ambiental, no qual a sustentabilidade e a preservação da natureza se tornaram prioridades globais. A sociedade moderna enfrenta desafios significativos, como as mudanças climáticas e o esgotamento dos recursos naturais, o que demanda soluções inovadoras que combinem o desenvolvimento tecnológico com práticas sustentáveis. Segundo o IPCC (2023), os impactos climáticos já são “severos e generalizados”, exigindo respostas urgentes baseadas em ciência





e inovação. Nesse cenário, o presente projeto propõe a criação de um produto que integra a tecnologia de áudio de alta qualidade ao uso do bambu, um recurso natural versátil, renovável e de baixo impacto ambiental.

O bambu, além de ser uma das plantas de crescimento mais rápido no mundo, é uma matéria-prima de grande importância no contexto da sustentabilidade, sendo amplamente utilizado na fabricação de produtos ecologicamente corretos. Liese e Köhl (2015) destacam que o bambu pode atingir maturidade em apenas 3 a 5 anos, tornando-se um dos recursos renováveis mais eficientes disponíveis. Dessa forma, o desenvolvimento de uma caixa de som sustentável feita de bambu surge como uma resposta às demandas do mercado contemporâneo, que busca por produtos inovadores e alinhados aos princípios do ESG (Environmental, Social, and Governance). O conceito ESG abrange a gestão responsável dos recursos ambientais, o respeito a práticas sociais justas e uma governança corporativa ética, pilares fundamentais para as empresas modernas (GRI, 2020; Friede, Busch & Bassen, 2015).

Este projeto vai além da criação de um produto sustentável, pois também se propõe a medir e implementar boas práticas sociais e de governança ao longo do processo de concepção e gestão do produto, proporcionando uma visão holística e integrada à realidade de um empreendimento no mercado atual. Além disso, o projeto visa apresentar uma proposta sustentável que possa ser aderida e discutida na COP 30, destacando-se como uma alternativa inovadora entre os produtos já existentes no mercado. A equipe se compromete a seguir os princípios ESG em todas as fases do desenvolvimento, desde a concepção até a análise de viabilidade econômica, abordando a sustentabilidade como um fator essencial para o sucesso do projeto.

Um dos principais problemas identificados durante o desenvolvimento do projeto foi a necessidade de encontrar maneiras de reduzir os impactos ambientais causados por produtos eletrônicos amplamente comercializados. Muitos desses produtos, quando descartados, acabam gerando poluição e problemas ambientais significativos devido ao uso de materiais não recicláveis e ao impacto gerado durante seu ciclo de vida. A ONU (2020) aponta que o lixo eletrônico é o tipo de resíduo que mais cresce no mundo, atingindo 53,6 milhões de



toneladas anuais e contendo substâncias tóxicas que contaminam solo e água (Balde *et al.*, 2017). Dessa forma, o projeto visa oferecer uma alternativa mais sustentável, utilizando o bambu, um recurso natural renovável, no desenvolvimento de uma caixa de som com design sustentável e viabilidade financeira e ecológica.

A crescente preocupação com a sustentabilidade e o impacto ambiental dos produtos eletrônicos têm impulsionado a busca por soluções inovadoras e ecológicas em diversas áreas da indústria. No setor de áudio, as caixas de som, amplamente utilizadas tanto em ambientes domésticos quanto profissionais, representam uma oportunidade para aplicar princípios de design sustentável, como a utilização de materiais recicláveis, redução de consumo energético e implementação de tecnologias que minimizem a pegada de carbono ao longo de todo o ciclo de vida do produto. Manzini e Vezzoli (2003) defendem que o design sustentável deve considerar desde a seleção dos materiais até o descarte final, promovendo um equilíbrio entre funcionalidade, durabilidade e respeito ao meio ambiente. Assim, o objetivo deste trabalho é explorar alternativas que alinhem inovação tecnológica com práticas sustentáveis, considerando o impacto ambiental das caixas de som desde a seleção dos materiais até o descarte final.

O desenvolvimento deste projeto segue um roteiro estruturado, no qual a primeira etapa é a definição clara e precisa do produto a ser desenvolvido, com o bambu sendo escolhido como material primário. Essa escolha se baseia em suas qualidades notáveis, como sustentabilidade, durabilidade e versatilidade. Estudos mostram que o bambu possui alta resistência mecânica e excelente desempenho estrutural, podendo ser comparado a madeiras duras e até a alguns metais leves (Sharma *et al.*, 2015). Após a decisão de utilizar o bambu, o próximo passo envolve o estudo aprofundado de suas propriedades intrínsecas, limitações e capacidades inovadoras, com o objetivo de garantir que o material seja utilizado de maneira eficiente, maximizando suas características únicas.

O auge do processo é a construção de um protótipo, que materializa todas as ideias e conceitos desenvolvidos ao longo do projeto. Esse protótipo não será apenas uma representação preliminar, mas sim uma versão fiel do produto final, com medidas e





proporções rigorosamente calculadas para atender a todos os requisitos estabelecidos. O protótipo tem importância crucial, pois serve como ferramenta de avaliação para verificar se o produto final está alinhado com os objetivos propostos, além de permitir a identificação e correção de possíveis falhas ou ajustes antes de avançar para a produção em grande escala.

Em última análise, o objetivo do projeto é desenvolver uma caixa de som que não apenas utilize o bambu de maneira inovadora, mas que também atenda a todos os critérios de sustentabilidade, viabilidade econômica e funcionalidade, oferecendo ao mercado um produto atraente para consumidores que buscam soluções tecnológicas sustentáveis.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Panorama Geral do Projeto de Produtos

Para o desenvolvimento de soluções inovadoras no mercado, é fundamental utilizar metodologias de projeto. Essas metodologias proporcionam uma estrutura sistemática que permite criar produtos capazes de atender às necessidades humanas de forma eficiente. Em produtos sustentáveis, como o desenvolvimento das caixas de som da linha Bambu Eco Beats, tais metodologias auxiliam a simplificar problemas complexos, decompondo-os em etapas gerenciáveis. Isso é especialmente importante ao utilizar materiais como o bambu, que requer uma abordagem técnica e sustentável. Entre as metodologias mais conhecidas, destacam-se a de Asimow e a metodologia descrita pela norma Verein Deutscher Ingenieure (VDI) 2221 (Carpes Júnior, 2014)

A metodologia de Asimow, dividida em 7 fases, orienta o desenvolvimento de projetos desde a viabilidade até o descarte. Na Bambu Eco Beats, esse processo abrange desde a escolha do bambu até o planejamento para reutilização do material. Na primeira fase, é definido a necessidade e viabilidade física, financeira e econômica. Na segunda, é avaliado algumas soluções da etapa anterior para encontrar a melhor em desempenho e custo. Na terceira, detalha-se o produto, incluindo desenhos e estimativas de custo. A quarta fase





organiza materiais, processos e controle de qualidade. Na quinta, planejam-se embalagem, marketing e transporte. A sexta etapa cuida da manutenção, segurança e economia de uso. A última visa a redução da obsolescência e o reaproveitamento (Carpes Júnior, 2014).

Já a metodologia VDI 2221 possui 4 fases. Na primeira, analisa-se o problema e os requisitos do projeto. A segunda fase foca na concepção de soluções, definindo funções principais e secundárias. Na terceira, um projeto preliminar aborda forma, dimensões e processos de fabricação. Na quarta, são detalhadas especificações dos componentes, como forma, tolerâncias e custo (Carpes Júnior, 2014).

2.2 Projeto Informacional

A primeira fase do processo de desenvolvimento de um produto sustentável como a Bambu Eco Beats envolve a definição do problema, a identificação do público-alvo e a captura das necessidades dos clientes (Carpes Júnior, 2014). Para as caixas de som sustentáveis, o foco está na qualidade sonora aliada a um design ecológico, atendendo à crescente demanda por produtos ambientalmente responsáveis.

As necessidades dos consumidores podem ser capturadas por meio de entrevistas e benchmarking de concorrentes que utilizam materiais ecológicos. Nesse estágio, é fundamental analisar normas técnicas e legislações aplicáveis ao uso de materiais renováveis, como o bambu, que proporciona um equilíbrio entre funcionalidade e impacto ambiental (Rozenfeld *et al.*, 2006). Após essa coleta, é necessário categorizar e estruturar essas demandas para que os requisitos do produto sejam definidos claramente, como mostrado na Quadro 01.





Quadro 01 – Necessidades dos clientes estruturadas em atributos da qualidade.

CLASSES DE ATRIBUTOS	ATRIBUTOS	COMENTÁRIOS
BÁSICOS	Funcionalidade	Funções, Operações, Eficiência e Desempenho
	Ergonomia	Ergonomia de Uso
	Esteticidade	Aparência, Estilo e Cores
	Segurança	Proteção e Princípios de Segurança
	Confiabilidade	Taxa de Falhas e Redundâncias
	Legalidade	Atendimento às Leis
	Patenteabilidade	Inovação Passível de Privilégios
	Normalização	Atendimento às Normas
ESPECÍFICOS	Impacto Ambiental	Atende às Normas Ambientais, Poluição e Conservação
	Geometria	Forma, Dimensão, Arranjo e Espaço
	Forças	Frequência, Peso e Rigidez
	Energia	Fontes e Potências
	Materiais	Propriedades Físicas
	Sinais	Entrada e Saída
	Automação	Manual e Índice de Automação
	Tempo	Tempo de Desenvolvimento e Data de Entrega

Fonte: Autores, 2024

2.3 Especificações-Meta

Para finalizar a fase do projeto informacional, é necessário formalizar as informações para que sejam precisas e que não possuam ambiguidades. As especificações-meta são parâmetros de engenharia quantitativos e mensuráveis que o produto deverá ter. São acompanhadas por unidades e valores-meta e podem ser valores específicos, valores com tolerâncias, faixa de valores e outros (Rozenfeld *et al.*, 2006). O Quadro 02 mostra um exemplo das especificações-meta de uma empresa concorrente em relação a empresa Bambu Eco Beats, com sua caixa de som sustentável.

Quadro 02 – Especificações-meta de uma caixa de som

PRODUTO: CAIXA DE SOM		EMPRESA: A EMPRESA: ECO BEATS		PROJETISTA: Erik Cuellar Coutinho	
REQUISITOS	ESPECIFICAÇÕES	UNIDADE	ESPECIFICAÇÕES: A	ESPECIFICAÇÕES: ECO BEATS	OBSERVAÇÕES
PORTÁTIL	Altura	m	0,10	0,12	Maior Altura
	Largura	m	0,15	0,13	Menor Largura
	Profundidade	m	0,25	0,3	Mais Profundidade
NÃO ENFERRUJA	Peças Sustentáveis	%	65	78	Mais Sustentável
BAIXO CONSUMO	Consumo de Energia	w	1000	900	Baixo Consumo de Energia

Fonte: Autores, 2024





A principal particularidade dessa fase é particionar o produto em sistemas, subsistemas e componentes, modelar funcionalmente o produto, gerar a matriz morfológica do produto, sintetizar concepções, analisar concepções e escolher os melhores conceitos (Baxter, 2000; Carpes Júnior, 2014).

Uma função indica que algo sofre uma transformação de um estado inicial para um estado final. Primeiro, é necessário definir a função global do produto, ou seja, ela deve descrever a finalidade ou a função ou o objetivo do produto. O segundo passo é dividir a função global em subfunções até que não seja mais possível fazer uma divisão para obter a estrutura funcional do produto (Carpes Júnior, 2014). A Figura 03 mostra a estrutura funcional da caixa de som da Bambu Eco Beats.

2.4 Projeto Preliminar

No Projeto Preliminar, as ideias desenvolvidas no projeto conceitual são ajustadas para atender às especificações-meta, garantindo que o produto atenda aos critérios de qualidade, desempenho e sustentabilidade. Nesta fase, o bambu é testado em diferentes condições para garantir sua durabilidade e sua capacidade de suportar a pressão do uso diário em dispositivos de som (Rozenfeld *et al.*, 2006). Além disso, são realizadas simulações e esboços, e o uso de protótipos permite a validação das ideias antes da produção em larga escala.

2.5 Validação do Produto

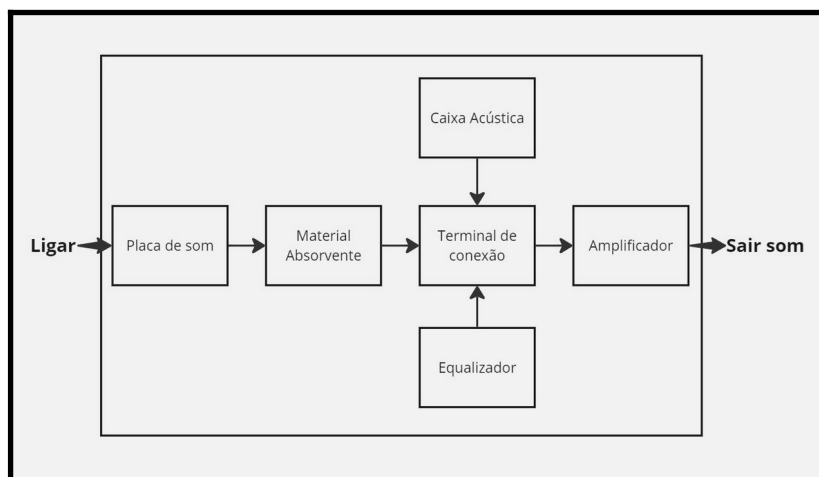
A validação das caixas de som pode ser realizada através de modelos computacionais, protótipos físicos e o desenvolvimento de um produto mínimo viável (MVP). No caso, o produto Mínimo Viável ou Minimum Viable Product (MVP) é uma versão mais simples e enxuta do produto que uma empresa quer lançar no mercado. Ele apresenta apenas as funções essenciais do produto e é entregue aos usuários para validar as principais hipóteses e para medir a aceitação no mercado (Caroli, 2018). O MVP permitirá que a empresa teste o produto





diretamente com consumidores, garantindo que o design, a funcionalidade e o impacto ambiental estejam de acordo com as expectativas do mercado.

Figura 03 – Estrutura funcional da caixa de som da Bambu Eco Beats.



Fonte: Adaptado de Rozenfeld *et al.* (2006).

2.6 Projeto Detalhado

O Projeto Detalhado da Bambu Eco Beats se concentra em padronizar todos os sistemas e componentes do produto. Nessa fase, são especificados os processos de fabricação em larga escala, como o corte e tratamento do bambu para garantir a uniformidade no acabamento e na performance sonora.

Além disso, é importante definir o processo de produção sustentável, priorizando fornecedores que sigam práticas de manejo florestal responsável, o que reforça o compromisso ecológico da marca. Essa última fase do processo de projeto é responsável pela padronização de todos os sistemas, subsistemas e componentes. Nessa fase, pode-se ter as seguintes informações ou documentos (Back *et al.*, 2008):

Desenhos e tolerâncias finais Detalhamento dos processos de fabricação Listagem final de materiais Manual de instruções Manual de assistência técnica Catálogo de peças



Sintetização da documentação Construção, teste e aprovação do protótipo Especificação dos componentes Detalhamento do plano de manufatura, Preparação da folha de investimento, Planejamento de marketing, análise econômica e financeira e Projetar embalagem

2.7 Especificações Detalhadas

2.7.1 Desenhos e Tolerâncias Finais

Os desenhos finais do protótipo foram desenvolvidos no software CAD e incluem as dimensões exatas: 8 cm de altura e 25 cm de largura. As tolerâncias foram definidas para garantir encaixes precisos dos componentes, como portas USB-C e alto-falantes. As peças de bambu foram modeladas com cortes a laser para minimizar irregularidades.

2.7.2 Detalhamento dos Processos de Fabricação

- Tratamento do Bambu: Corte e tratamento para resistência à umidade.
- Produção por Impressão 3D: Peças estruturais em PLA e resina e Ajustes finais para encaixes precisos.
- Montagem Final: Integração de componentes eletrônicos e acústicos e Testes de qualidade sonora e ajustes estruturais.

2.7.3 Listagem Final de Materiais

- Bambu: Estrutura principal.
- PLA/Resina: Componentes internos de suporte.
- Alto-falantes: 2 unidades de alta qualidade.
- Portas USB-C e USB: Conectividade.
- Bateria recarregável: Sustentável e de alta capacidade.





- Adesivos Naturais: União dos materiais.

2.7.4 Manual de Instruções / Conteúdo:

- Configuração Inicial: Passos para uso da porta USB-C.
- Manutenção: Limpeza com panos secos e cuidados com bambu.
- Segurança: Evitar exposição prolongada à água.

2.7.5 Manual de Assistência Técnica

- Substituição de alto-falantes.
- Reparos em portas USB-C.
- Atualização de componentes eletrônicos.

2.7.6 Catálogo de Peças

- Painel de bambu (x1)
- Alto-falantes (x2)
- Porta USB-C (x1)
- Circuito eletrônico (x1)
- Bateria (x1)

2.7.7 Sintetização da Documentação: O projeto foi documentado em formato estruturado, com a metodologia de Asimow adaptada, abrangendo desde o design até a análise econômica e ambiental.

2.7.8 Construção, Teste e Aprovação do Protótipo: O protótipo passou por:



- Modelagem em 3D.
- Testes acústicos: Avaliação da qualidade sonora do bambu.
- Validação de funcionalidade: Aprovação do design e montagem.

2.7.9 Especificação dos Componentes

- Alto-falantes: 8W cada.
- Portas USB: Compatíveis com carregamento rápido.
- Estrutura: Sustentável e resistente.

2.7.10 Detalhamento do Plano de Manufatura: Produção em três etapas:

- Processamento do bambu.
- Impressão 3D e montagem manual.
- Teste de qualidade.

2.7.11 Preparação da Folha de Investimento: Custos projetados incluem:

- Matéria-prima: R\$100/unidade.
- Produção: R\$150/unidade.
- Venda sugerida: R\$350/unidade.

2.7.12 Planejamento de Marketing: Estratégia focada no conceito ESG:

- Publicidade em redes sociais.
- Apresentação na COP 30.
- Destaque em e-commerce sustentável.





2.7.13 Análise Econômica e Financeira

- Margem de lucro estimada: 50%.
- Payback: Recuperação do investimento em 12 meses, considerando venda de 500 unidades.

2.7.14 Projetar Embalagem

- Embalagem em papel reciclado.
- Design minimalista, destacando o uso do bambu e os valores sustentáveis.

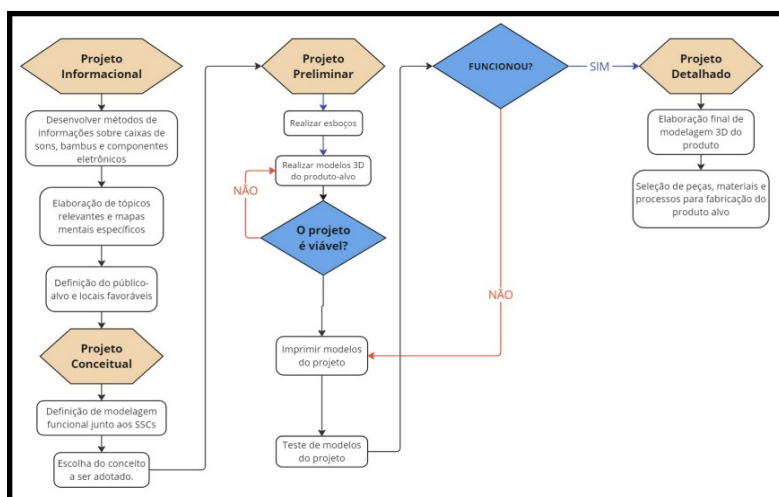
3. METODOLOGIA

Este trabalho realiza uma pesquisa aplicada, com o objetivo de gerar soluções práticas para um problema específico, utilizando uma abordagem descritiva e combinando métodos qualitativos e quantitativos. A pesquisa é fundamentada em procedimentos experimentais e revisão bibliográfica, aplicando o método científico hipotético-dedutivo, que parte de hipóteses e as testas por dedução lógica. A metodologia é esquematizada na Figura 04, que detalha as etapas de coleta e análise de dados, bem como os métodos analíticos e estatísticos usados. O estudo busca contribuir tanto para o entendimento teórico quanto para soluções práticas no campo investigado.





Figura 04 – Metodologia.



Fonte: Adaptado de Rozenfeld *et al.*, (2006).

O modelo adotado neste trabalho é uma adaptação do proposto por Rozenfeld *et al.* (2006), com foco na macrofase de Desenvolvimento. A principal modificação consiste em eliminar as duas últimas fases desta macrofase e subdividir a fase de Projeto Detalhado em duas etapas distintas: Projeto Preliminar e Projeto Detalhado. A metodologia inicia-se pela fase de Projeto Informacional, na qual são realizadas diversas atividades essenciais para orientar o desenvolvimento do produto-alvo, estabelecendo as diretrizes e requisitos que guiarão as fases subsequentes.

O processo de desenvolvimento de uma caixa de som feita com bambu, tendo um foco na sustentabilidade, envolve diversas etapas essenciais para garantir a criação de um produto inovador e ecologicamente responsável. Primeiramente, realiza-se uma pesquisa detalhada sobre o funcionamento das caixas de som, incluindo os princípios de acústica, os materiais utilizados, como o bambu e componentes eletrônicos sustentáveis, além de analisar os níveis de eficiência sonora e os problemas de durabilidade e resistência encontrados em soluções sustentáveis. Em seguida, investigam-se soluções patenteadas, com foco na geometria e no mecanismo de funcionamento da caixa de som, visando identificar inovações que combinem tecnologia e materiais ecológicos. Após isso, realiza-se um benchmarking das soluções



existentes, analisando as formas geométricas, empresas concorrentes, materiais utilizados, dimensões, peso e preço das caixas de som sustentáveis, para possibilitar uma comparação entre os produtos disponíveis no mercado.

Um questionário é então elaborado para coletar dados demográficos (sexo, idade, cor) e opiniões dos consumidores sobre o produto-alvo, complementado por uma pesquisa de avaliações de usuários que usufruem de caixas de som feitas com materiais sustentáveis. Com essas informações, constrói-se um mapa mental para organizar os dados e definir o problema de forma clara. A partir daí, identifica-se o perfil dos clientes, determinam-se os requisitos principais para o produto e estabelecem-se especificações-meta, como peso, dimensões e preço, baseadas nas necessidades dos consumidores e nas demandas por sustentabilidade no mercado de caixas de som.

O próximo passo da Metodologia é caracterizado pelo Projeto Conceitual cujas atividades consistem em: Modelar funcionalmente a caixa de som e Definir os sistemas, subsistemas e componentes que serão utilizados.

Inicialmente, define-se a função geral da caixa de som, a qual corresponde ao principal objetivo que ele deve cumprir, estabelecendo as entradas e saídas envolvidas no processo de criação, sejam elas informações, energias ou materiais. A partir dessa definição, a função geral é desmembrada em subfunções, que representam etapas ou processos menores e são conectadas por fluxos lógicos de raciocínio, análogos aos de um fluxograma. Esse detalhamento permite uma melhor compreensão das interações entre as diferentes partes do sistema. Em seguida, essa estrutura é organizada em sistemas e subsistemas, que são segmentados progressivamente até o nível de componentes, proporcionando uma visão detalhada da composição funcional e estrutural das caixas de som. Essa abordagem sistemática facilita a identificação de interdependências e otimizações necessárias dentro do projeto, além de permitir uma análise clara de cada parte em relação ao desempenho global do produto-alvo, conforme as Quadros 03 e 04.





Quadro 03: Componentes e Materiais.

Componentes e Materiais	
Alto Falantes	Escolha alto-falantes de qualidade, com especificações adequadas para o tipo de som. Variando de tamanho, potência nominal, acústica e frequência.
Caixa	A caixa é fundamental para a qualidade e estrutura do som. Sendo ela a parte estrutural feita toda de bambu.
Material de Isolamento	Possui isolamento acústico interno, para reduzir ressonâncias indesejadas dentro da caixa.
Fios e Conectores	Fios elétricos para conectar os alto-falantes aos componentes eletrônicos, bem como conectores e terminais para facilitar as conexões.
Amplificador	Um amplificador é necessário para alimentar os alto-falantes e assim potencializar o alcance sonoro.
Bateria	Terá uma bateria interna que pode durar várias horas de reprodução contínua, permitindo que você curta a música por um longo período sem recarregar.
Botão	Componentes responsáveis por comandar o som direto pela caixa, tendo a versatilidade de pausar, começar, passar adiante ou voltar a música, aumentar ou diminuir o volume, conectar a caixa com outros dispositivos e desligar e ligar a caixa.

Fonte: Autores, 2024.

Quadro 04: Especificações Técnicas.

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
Configuração do alto-falante	1 x tweeter de 0,8" 2 x 2" full-range 1 x 5 1/4" woofer.
Amplificador	1 x 70 W Classe D para tweeter 2 x 70 W Classe D para gama completa 1 x 70 W Classe D para woofer.
Alcance de frequência	32-23.000 Hz
Nível máximo de pressão sonora (SPL)	1m101dB SPL
Capacidade de graves	80 dB NPS
Emparelhamento estéreo	Emparelhe dois Beosound A5 para desfrutar de uma experiência de audição estéreo.
Recursos avançados de som	Linearização baixa adaptável da proteção térmica da compensação ativa da sala.
EQ de som personalizável	Predefinições disponíveis e totalmente personalizáveis através da aplicação Bang & Olufsen.
Versão Bluetooth	Bluetooth 5.3; Codecs Bluetooth; AAC SBC
Banda ultralarga	Wi-Fi de banda dupla (2,4 e 5 GHz) IEEE 802.11 b/g/a/n/ac/ax
Serviços de streaming	Apple AirPlay 2 Spotify Connect Chromecast integrado TIDAL; Connect B&O Rádio Deezer QPlay 2.0; Beolink Multiroom
Conexões Físicas	1 x USB-C (porta de carregamento e serviço); Controles remotos; Aplicativo Bang & Olufsen Beomote One BT Beoremove Halo; Controles no dispositivo

Fonte: Autores, 2024.

O passo seguinte da Metodologia consiste no Projeto Preliminar, onde realiza-se as seguintes atividades: Criação de esboços e ideias para o design do produto-alvo; Síntese de modelos de referência CAD; e Impressões 3D do protótipo da caixa de som.

Nesta fase do desenvolvimento do produto, iniciam-se os esboços preliminares da caixa de som feita de bambu, tomando como referência produtos já existentes no mercado, com o objetivo de solucionar desafios relacionados à acústica e à sustentabilidade. Posteriormente, são geradas modelagens 3D para verificar a viabilidade estrutural, estética e



funcional do design proposto. Após a validação preliminar do modelo 3D, são impressos protótipos físicos, os quais são utilizados para a montagem do conjunto e realização de testes funcionais. Esses testes incluem a verificação da qualidade acústica do produto, a integração dos componentes eletrônicos, bem como a avaliação da durabilidade e resistência da estrutura de bambu. Além disso, testou-se a facilidade de montagem e desmontagem, assegurando que o design favorece tanto a sustentabilidade quanto a eficiência na produção. Durante essa etapa, utiliza-se um contador de impressões 3D limitado a três iterações, com o objetivo de otimizar o uso de recursos e tempo durante o processo de prototipagem.

A última etapa da metodologia é representada pelo Projeto Detalhado com as seguintes atividades: Apresentar a versão final do modelo 3D da caixa de som; Comparar o projeto com os produtos semelhantes do mercado; e Elaborar a lista final de peças que serão utilizadas no projeto.

Primeiro ajusta-se o modelo 3D para que ele esteja pronto para ser fabricado em grande série. Em seguida, faz-se uma comparação entre a caixa de som e os produtos existentes no mercado considerando o peso, o tamanho e o preço da matéria-prima. Por último, especifica-se a lista de peças necessárias do produto-alvo a qual é formada pelas dimensões principais dos componentes, o material de fabricação e os processos de fabricação.

3.1 Importância da Impressão 3D na Amazônia

A tecnologia de impressão 3D tem se destacado como uma ferramenta inovadora e essencial para o desenvolvimento sustentável, especialmente em regiões como a Amazônia. Com sua capacidade de transformar rapidamente ideias em protótipos e produtos funcionais, a impressão 3D apresenta um enorme potencial para atender às necessidades locais, promovendo a conservação ambiental e o empoderamento comunitário. Estudos mostram que a manufatura aditiva reduz significativamente o desperdício de materiais quando comparada aos métodos tradicionais de fabricação (Gebler; Schoot Uiterkamp; Visser, 2014), além de favorecer cadeias produtivas mais locais e sustentáveis (Berman, 2012).





Na Amazônia, a utilização da impressão 3D pode desempenhar um papel significativo na preservação ambiental ao reduzir a dependência de métodos tradicionais de fabricação que frequentemente envolvem o desmatamento e o desperdício de recursos naturais. Através da fabricação aditiva, é possível criar objetos utilizando materiais biodegradáveis ou recicláveis, como o PLA, derivado do amido de milho, ou até mesmo compostos à base de resíduos da própria floresta. O PLA, por exemplo, é amplamente reconhecido como um polímero biodegradável de origem renovável, adequado para aplicações sustentáveis (Jamshidian et al., 2010). Essa abordagem reduz drasticamente a geração de resíduos, promovendo um ciclo de vida mais sustentável para os produtos.

Além disso, a impressão 3D pode ser utilizada para o desenvolvimento de soluções práticas e ecológicas que beneficiem tanto as comunidades locais quanto a preservação da biodiversidade. Pesquisas indicam que tecnologias de fabricação aditiva podem apoiar estratégias de conservação ao viabilizar soluções locais e de baixo impacto ambiental (Ngo et al., 2018). Por exemplo, a tecnologia pode ser aplicada na produção de ferramentas agrícolas customizadas, dispositivos de monitoramento ambiental e até mesmo componentes para reflorestamento, como cápsulas biodegradáveis de sementes. Esses produtos podem ser desenvolvidos localmente, reduzindo os custos e a emissão de carbono associada ao transporte.

Outro aspecto importante é o impacto social. A impressão 3D oferece oportunidades para capacitar comunidades amazônicas, promovendo a educação tecnológica e incentivando a criação de microempresas que possam atender às demandas regionais. Isso não só melhora a qualidade de vida local, mas também cria uma economia sustentável que valoriza os recursos naturais da floresta de maneira consciente. A literatura destaca que a impressão 3D democratiza a produção, permitindo que comunidades desenvolvam soluções próprias e reduzam dependências externas (Gibson; Rosen; Stucker, 2015).

Por fim, o uso da impressão 3D na Amazônia reforça o compromisso com a inovação sustentável, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, que visam equilibrar crescimento econômico, inclusão social e proteção ambiental. Ao integrar



essa tecnologia com os princípios de economia circular e conservação ecológica, é possível transformar a Amazônia em um modelo global de desenvolvimento sustentável. A economia circular, segundo Geissdoerfer et al. (2017), é essencial para reduzir resíduos e promover o reaproveitamento de materiais, fortalecendo iniciativas sustentáveis como as propostas neste projeto.

3.2 Análise de Mercado

A análise de mercado, no contexto do projeto Bambu Eco Beats, é essencial para compreender as demandas, oportunidades e desafios associados ao desenvolvimento de produtos sustentáveis no setor de eletrônicos. O mercado de caixas de som portáteis apresenta um cenário dinâmico, caracterizado pela crescente preferência dos consumidores por dispositivos que combinam design inovador, alta qualidade sonora e sustentabilidade. Estudos recentes mostram que o mercado global de dispositivos de áudio móveis tem crescido de forma expressiva, impulsionado pela demanda por mobilidade e conectividade (Grand View Research, 2023). Além disso, pesquisas indicam que consumidores estão cada vez mais dispostos a pagar mais por produtos sustentáveis (White; Habib; Hardisty, 2019). Neste contexto, o diferencial competitivo da Bambu Eco Beats reside no alinhamento entre funcionalidade e práticas ecológicas, posicionando o produto como uma alternativa viável e atraente para consumidores conscientes.

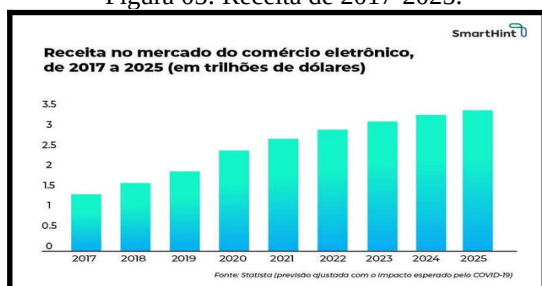
Ao considerar as tendências do mercado eletrônico e tecnológico, percebe-se a relevância estratégica do uso de materiais sustentáveis como o bambu, que reforça o apelo ambiental do produto. O bambu é reconhecido como um recurso renovável, resistente e de baixo impacto ambiental, sendo amplamente utilizado em produtos sustentáveis (Liese; Köhl, 2015). Além disso, o crescimento do comércio eletrônico amplia as possibilidades de alcance e vendas de produtos inovadores, como a caixa de som Bambu Eco Beats, que pode aproveitar plataformas digitais para promover sua proposta de valor única. Segundo a UNCTAD (2022), o comércio eletrônico tem se expandido globalmente, permitindo que produtos sustentáveis





alcancem novos mercados com maior eficiência. Esse cenário aponta para um mercado em constante evolução, no qual as empresas que integram práticas sustentáveis e tecnologias avançadas têm maior potencial de conquistar espaço e engajar consumidores, como defendem Porter e Kramer (2011) para o mercado eletrônico, conforme as Figuras 05 e 06.

Figura 05: Receita de 2017-2025.



Fonte: Smarthint (2020).

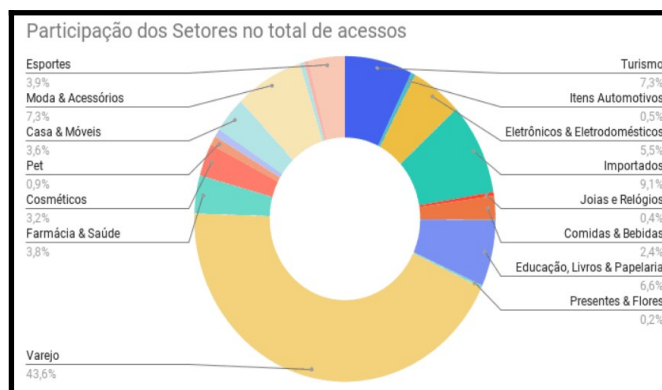
Figura 06: Faturamento de 2018- 2028.



Fonte: ABComm (2024).

Arelado a isso, é válido ressaltar a participação marcante do setor de eletrônicos em comparação aos demais setores do e-commerce, mantendo uma média percentual de 5,5%, o setor é um dos mais marcantes do segmento, se mantendo acima da média (Figura 07).

Figura 07: Participação dos Setores no E-Commerce.



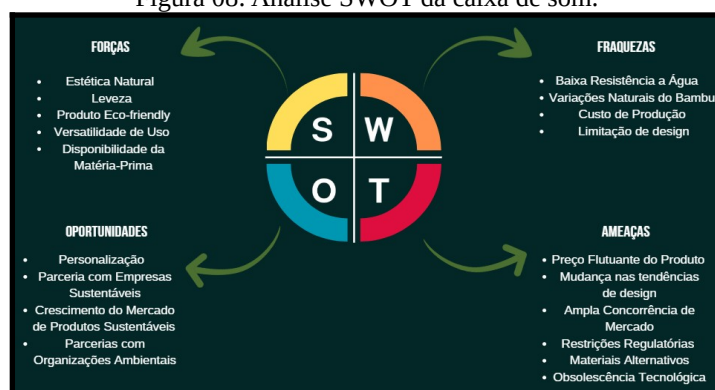
Fonte: Conversion (2021).

Com o intuito de construir uma visão estratégica para o produto de tal modo que fosse possível identificar diversos pontos inferenciais do âmbito externo e interno ao contexto



inserido, foi usado o método Swot, no qual evidencia os pontos fracos, pontos fortes, oportunidades e ameaças da caixa de som Bambu Eco Beats, assim facilitando o planejamento e a aplicação de processos, prevendo e solucionando possíveis entraves, e organizar os principais pontos observados, utilizando as 4 (quatro) etapas. A partir disso, podem-se observar os principais fatores onde o produto se destaca, onde ele pode melhorar e as possibilidades que ele tem para se desenvolver ainda mais no mercado, conforme a Figura 08.

Figura 08: Análise SWOT da caixa de som.



Fonte: Autores, 2024.

3.3 Cotação de Protótipo

De modo que fosse possível mensurar de maneira mais próxima da realidade como seria a montagem para execução e venda do produto, foram desenvolvidas diversas análises com os custos de produção e fabricação que a empresa teria.

No Quadro 5, foram identificados o material direto que seria utilizado, o custo unitário de cada matéria-prima utilizada na operação e os que seriam previamente terceirizados. E com isso foram calculados também as quantidades e o total que seria a produção.

Com isso, foram analisados todos os componentes que seriam necessários para desenvolver o produto, sendo vistas as quantidades e o valor deles até que chegasse ao custo final de quanto seria gasto para criar uma unidade da caixa de som.



Quadro 5: Estimativa de custos do produto.

Estimativa de custo unitário de Matéria-Prima, Material Direto e Terceirização			
Material/Insumos usados	Quantidade	Custo Unitário	Total
caixa de bambu	1	R\$ 40,00	R\$ 40,00
sistema bluetooth	1	R\$ 32,70	R\$ 32,70
conector usb	1	R\$ 2,90	R\$ 2,90
conector usb-c	1	R\$ 3,00	R\$ 3,00
conector auxiliar	1	R\$ 2,00	R\$ 2,00
subwoofer	2	R\$ 15,00	R\$ 30,00
tweeter	2	R\$ 10,00	R\$ 20,00
botão on/off	1	R\$ 0,30	R\$ 0,30
botão bluetooth	1	R\$ 0,30	R\$ 0,30
botão play/pause	1	R\$ 0,30	R\$ 0,30
botão aumentar/passar	1	R\$ 0,30	R\$ 0,30
botão diminuir/diminuir	1	R\$ 0,30	R\$ 0,30
Chicotes elétricos	1	R\$ 0,90	R\$ 0,90
			R\$ -
Total			R\$ 133,00

Fonte: Dos Autores (2024).

3.3.1 Percepção Ampla do Mercado e Segmento de Atuação do Produto

A compreensão abrangente do mercado e do segmento de alto-falantes portáteis revela uma paisagem dinâmica impulsionada pela crescente demanda por soluções de áudio móveis e versáteis. No cenário tecnológico atual, a indústria de alto-falantes portáteis tem desempenhado um papel significativo, impulsionada pela intersecção de avanços em conectividade, mudanças no comportamento do consumidor e inovações em design e qualidade de som.

Com base em dados quantitativos, é evidente que o mercado de alto-falantes portáteis assistiu a um crescimento impressionante nos últimos anos. De acordo com estatísticas recentes do site de notícias da XP Investimentos, o setor global de dispositivos de áudio portáteis registrou um aumento substancial de 8,5% em 2022 em relação ao ano anterior. Além disso, as projeções indicam que este crescimento irá permanecer estável, impulsionado pela preferência crescente dos consumidores por tecnologias móveis e pela influência cada vez maior de estilos de vida modernos e conectados.

Em comparação com outros segmentos, os alto-falantes portáteis se destacam pela sua flexibilidade e adaptabilidade a várias situações, tornando-os uma escolha popular para uma



ampla gama de usuários, desde entusiastas da música até profissionais em movimento. Esta proeminência é evidenciada não só pela crescente demanda de consumidores individuais, mas também de setores corporativos e de entretenimento que reconhecem a importância de experiências de áudio de alta qualidade em diversos contextos. Além disso, o papel crucial que o mercado audiovisual desempenha na economia contemporânea é digno de nota. Com o aumento exponencial da transmissão de conteúdo online, a indústria audiovisual experimentou um crescimento substancial. A convergência de tendências como streaming de música, podcasts e transmissões ao vivo impulsionou a demanda por dispositivos de áudio portáteis, colocando o segmento de alto-falantes portáteis em uma posição estratégica dentro do ecossistema de mercado audiovisual.

Assim, é claro que os alto-falantes portáteis se estabeleceram como uma parte vital da indústria de áudio e entretenimento, com potencial de crescimento promissor em meio à constante evolução das preferências dos consumidores e dos avanços tecnológicos. A capacidade de se adaptar rapidamente às demandas em constante mudança e oferecer soluções inovadoras de áudio torna este segmento não só resiliente, mas também fundamental para o progresso e o dinamismo do mercado global.

3.3.2 Perfil e Tendências do Mercado Eletrônico e Tecnológico

O mercado eletrônico sofreu transformações significativas, impulsionadas pela crescente demanda por soluções de áudio móveis e versáteis. Os alto-falantes portáteis emergiram como elementos essenciais neste cenário dinâmico, alimentados pela interseção de tecnologia e estilo de vida moderno. A crescente adoção destes dispositivos, tanto pelos consumidores individuais como pelas empresas e pelos setores do entretenimento, reflete a importância estratégica dos alto-falantes portáteis no contexto do mercado audiovisual.

A expansão de streaming de música, podcasts e conteúdo de vídeo on-demand impulsionou a demanda por alto-falantes portáteis, posicionando o mercado para um crescimento contínuo e dinâmico. A adaptabilidade dos intervenientes no mercado e a





disponibilização de soluções inovadoras são fundamentais para manter este impulso. A flexibilidade e adaptabilidade dos alto-falantes portáteis reforçam o seu papel vital no mercado global, com foco na mobilidade, qualidade do som e experiência do usuário. O futuro deste mercado continuará a evoluir em resposta às mudanças nas preferências dos consumidores e aos avanços tecnológicos.

Para entender um pouco sobre essa evolução de mercado e tendências dos últimos e próximo anos, de acordo com o site SmartHint, o crescimento do e-commerce e as vendas online têm ganhado cada vez mais espaços, e potencializados todos os setores de venda, atrelado a isso, com a pandemia do COVID-19 as pessoas tendem a fazer compras online com mais frequência, o que tem gerado um boom para o comércio tecnológico assim como caixa de som.

3.4 Protótipo Preliminar

Para se ter uma dimensão precisa do protótipo, foi desenvolvida uma modelagem preliminar no software SketchUp. Esse processo permitiu visualizar as proporções reais da caixa de som, como altura, largura e profundidade, além de possibilitar ajustes no design. A modelagem foi fundamental para definir a localização exata de componentes importantes, como botões de controle e entradas de cabos, garantindo uma distribuição funcional e ergonômica. Além disso, a ferramenta possibilitou simular diferentes tonalidades de cor e texturas, auxiliando na escolha de um acabamento estético que reforça a proposta sustentável e harmoniza o visual natural do bambu com os elementos tecnológicos. Essa etapa foi essencial para alinhar a aparência e a funcionalidade do protótipo antes da produção física.

3.4.1 Protótipo Detalhado

Na versão detalhada desenvolvida no SketchUp, o protótipo da Bambu Eco Beats atingiu um nível mais avançado de definição, consolidando elementos de design e





funcionalidade. As dimensões foram ajustadas para garantir equilíbrio entre portabilidade e desempenho acústico, resultando em um produto com 25 cm de largura e 8 cm de altura. O posicionamento dos botões e entradas de cabos foi otimizado, oferecendo praticidade e ergonomia ao usuário, enquanto o design minimalista priorizou uma estética limpa e alinhada aos princípios sustentáveis do projeto. A tonalidade natural do bambu foi preservada, reforçando o apelo ecológico e destacando a proposta de diferenciação no mercado.

A modelagem final também permitiu a inclusão de detalhes técnicos, como os encaixes precisos dos componentes eletrônicos e a estrutura interna de suporte, garantindo compatibilidade entre as partes e facilitando a montagem. Essa versão detalhada funcionou como base para os testes de viabilidade e validação do design, assegurando que o produto cumpria as expectativas tanto de funcionalidade quanto de estética. Assim, a modelagem no SketchUp consolidou-se como uma etapa crucial na transformação do conceito em um produto real e tecnicamente viável (Figura 09).

Figura 09: Esboço da Inteligência Artificial do Canva.



Fonte: Autores (2024)

A imagem demonstrada acima representa o primeiro modelo escolhido pela equipe, sendo a mesma desenvolvida por uma IA, inteligência artificial, que foi o ponto inicial para o design e estruturamento do produto (Figura 10).



Figura 10: Imagem do protótipo da caixa de som desenvolvida no software Sketchup.



Fonte: Autores, 2024.

Na imagem acima, pode-se analisar o protótipo de forma frontal, com um tamanho de 8,00 cm de altura e 25,00 cm de largura, tendo a concentração de dois alto-falantes de altíssima qualidade, botões personalizados e dinâmicos para uso da caixinha de som e a logo do produto, todo esse design de forma sofisticada e com qualidade naturalista que só a Bambu Eco Beats consegue proporcionar (Figura 11). Demonstração de uma perspectiva diagonal da caixa de som, com detalhes minimalistas e precisos para uma distribuição sonora perfeita e de qualidade, também é possível observar as duas entradas de conexão do protótipo, onde temos a entrada USB-C de carregamento rápido e otimizado e a entrada para cabos USB comuns para conexão universal com diversos dispositivos.

Figura 11: Imagens do protótipo da caixa de som desenvolvida no software Sketchup.



Fonte: Autores, 2024.

4. RESULTADOS

Após o planejamento detalhado e a impressão 3D do protótipo, o resultado do produto Bambu Eco Beats destacou-se pela fidelidade ao design projetado e pela integração eficiente



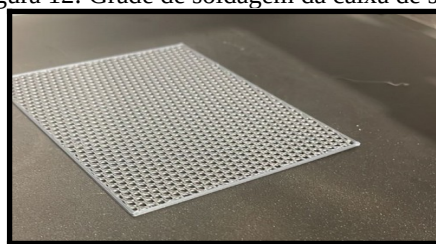
dos materiais sustentáveis e tecnológicos. A estrutura do protótipo foi composta por componentes impressos em PLA e resina, proporcionando uma montagem sólida e um acabamento visual que realça a proposta sustentável. A impressão 3D permitiu alcançar detalhes precisos, como os encaixes para os componentes eletrônicos e o formato ideal para otimização futura do desempenho acústico.

A etapa de impressão foi essencial para avaliar aspectos como resistência estrutural, peso e viabilidade de produção em maior escala. Embora o protótipo tenha apresentado um peso levemente acima do esperado para produtos portáteis, seu acabamento de alta qualidade demonstra o potencial do design. Esse modelo funcional possibilitou a análise de melhorias e ajustes necessários, consolidando a base para o desenvolvimento da versão final. Assim, o protótipo impresso apresentou o conceito visual e estrutural do produto, garantindo a aderência aos princípios sustentáveis e ao design inovador do projeto.

4.1 Prototipagem Inicial

Nesta etapa inicial, foi feita uma sondagem de todas as dimensões para a realização da prototipagem da caixa de som, sendo realizada uma base para sustentação do processo da impressão 3D, conforme mostrado na Figura 12.

Figura 12: Grade de soldagem da caixa de som.

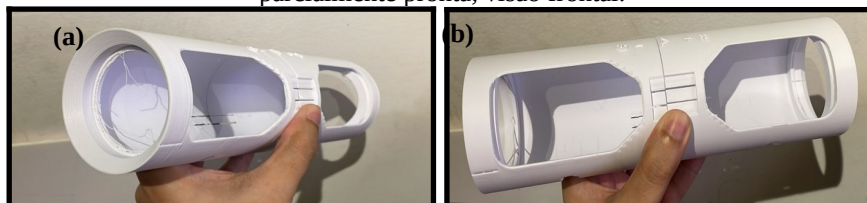


Fonte: Autores, 2024.

Etapa de realização da carcaça estrutural completa, feita totalmente com filamentos PLA. Demonstrando o passo a passo da modelagem, conforme as Figuras 13 (a) e (b).



Figura 13: (a) Estrutura da caixa de som parcialmente pronta, visão lateral e (b) Estrutura da caixa de som parcialmente pronta, visão frontal.



Fonte: Autores, 2024.

A Figura 14 (a), (b) e (c) mostra uma imagem preliminar da primeira montagem da Bambu Eco Beats feita por impressão 3D com grades de som e pés de sustentação para a posição horizontal da mesma.

Figura 14: (a) Caixa de som finalizada após modelagem, (b) Caixa de som finalizada após modelagem, visão lateral e (c) Caixa de som finalizada após modelagem, visão traseira.



Fonte: Autores, 2024.

4.1.1 Prototipagem Detalhada

Nesta etapa, conforme a Figura 15(a), (b) e (c), foi realizada a pintura da caixa de som, visando proporcionar um acabamento que remete à estética do bambu, material escolhido para o revestimento do produto. O processo de pintura foi executado de forma cuidadosa e detalhada, visando ressaltar os principais componentes estruturais da caixa, como os botões de controle, as entradas para conexões de cabo, as grades de proteção dos alto-falantes e os próprios alto-falantes, responsáveis pela emissão do som. Além disso, a pintura foi aplicada de maneira a criar uma textura visual que imita o aspecto natural do bambu, conferindo ao produto uma aparência sofisticada e harmoniosa, adequada ao seu uso em diferentes ambientes.

Revista *OWL Journal*, Campina Grande - PB, v. 4 n. 7 (2026) - ISSN 2965-2634

A Revista *OWL Journal* está licenciada com uma **Licença Creative Commons Atribuição (CC BY)**





Figura 15: Pintura da caixa.



Fonte: Autores, 2024.

4.1.2 Design Ambiente

Nesta etapa, foram capturadas imagens ilustrativas, Figura 16, para demonstrar como o design da caixa de som foi desenvolvido, destacando sua versatilidade para uso em diferentes ambientes e contextos. O design foi concebido para se integrar de forma harmoniosa em espaços que utilizam componentes de madeira ou acabamentos amadeirados, realçando a estética do ambiente. A escolha dos detalhes de acabamento da caixa permite que ela não apenas seja funcional, mas também se torne um elemento decorativo, adaptando-se ao estilo do local onde está inserida.

Em ambientes como salas de estar, escritórios corporativos, ou até mesmo espaços ao ar livre, o design da caixa se destaca por sua capacidade de combinar simplicidade com sofisticação, criando um equilíbrio visual que atrai a atenção sem destoar do restante da decoração.



Figura 16: Demonstração da caixa de som em diferentes ambientes.



Fonte: Autores, 2024.

5. DISCUSSÃO

5.1 Aplicação das Metodologias ao Projeto

A metodologia adotada foi estruturada com base nos modelos de Rozenfeld *et al.* (2006) e complementada pelas abordagens de Carpes Júnior (2014), Baxter (2000) e Caroli (2018), com isso, a escolha destas metodologias possibilitou um desenvolvimento maior e orientado por fases, assim, garantindo a aderência aos objetivos de sustentabilidade, inovação e viabilidade econômica.

5.1.1 Modelo de Rozenfeld *et al.* (2006):

Esse modelo guiou a fase inicial do projeto, ajudando a destacar e identificar as necessidades do nosso produto, como a escolha dos materiais em relação a parâmetros acústicos desejados. A divisão do problema em sistemas e subsistemas foi essencial para lidar com o uso do bambu, com isso, nós garantimos que o design e a funcionalidade do produto estivessem alinhados com as demandas do mercado e as restrições ecológicas.



5.1.2 Modelo de Carpes Júnior (2014):

A abordagem proposta por Carpes Júnior foi de extrema ajuda para podermos estruturar o projeto, principalmente nas fases de definição das necessidades do produto e validação de soluções. A metodologia de Asimow descrita por ele, orientou a escolha e o planejamento do uso do bambu, para uma abordagem sistemática desde a concepção até a reutilização do material. Além disso, a aplicação da norma VDI 2221, também discutida por Carpes Júnior, auxiliou na análise detalhada das especificações dos componentes, o que foi crucial, principalmente para garantir que o design atendesse aos requisitos de sustentabilidade e funcionalidade.

5.1.3 Contribuições de Baxter (2000):

Baxter forneceu as bases para o desenvolvimento de especificações e posicionamento do produto em subsistemas, isso nos ajudou muito para garantir que o bambu e outros materiais fossem integrados da maneira mais eficaz possível. A estrutura sugerida por Baxter foi adaptada para descrever as interações entre os sistemas e subsistemas da caixa de som, assim, permitindo uma análise precisa da funcionalidade e da viabilidade do design.

5.1.4 Caroli (2018) e o conceito de MVP:

O conceito de Produto Mínimo Viável, explorado por Caroli, foi incorporado para criar uma versão inicial da nossa caixa de som. Esse MVP permitiu validar as principais hipóteses de design e funcionalidade diretamente com os consumidores, para garantir que o produto final atendesse tanto às necessidades do mercado quanto aos padrões de sustentabilidade. A metodologia enfatizou a simplicidade e a iteração, o que foi fundamental para identificar os ajustes necessários nas fases iniciais do projeto.



5.1.5 Modelo de Back (2008):

O modelo de Back foi fundamental na fase de projeto detalhado, especialmente na parte de padronização de sistemas e componentes. Ele orientou atividades como, a criação de desenhos técnicos precisos, a definição de tolerâncias finais e a elaboração de documentações técnicas, incluindo manuais de instruções e assistência técnica, além do catálogo de peças. Essas ferramentas foram essenciais para garantir que o produto final atendesse aos critérios de qualidade, sustentabilidade e viabilidade industrial. O uso desse modelo também facilitou a síntese das informações necessárias para a análise econômica e financeira do produto, contribuindo diretamente para a organização e clareza do processo de desenvolvimento.

5.2 Comparação com a Literatura e Inovações Sustentáveis

O uso de bambu em produtos tecnológicos, especialmente no setor de áudio, ainda é relativamente novo e pouco explorado, conforme discutido na fundamentação teórica. Em comparação com estudos prévios sobre produtos de bambu, a Bambu Eco Beats se destaca pela aplicação de uma metodologia estruturada, baseada nas etapas propostas por Asimow e pela norma VDI 2221, que permitiu maximizar as propriedades naturais do material e explorar suas capacidades acústicas. Esse enfoque é inovador e destaca a importância de práticas sustentáveis no design de produtos tecnológicos.

Além disso, o conceito ESG (Environmental, Social, and Governance) embasou as decisões de design e escolha de materiais, evidenciando uma preocupação não apenas com o impacto ambiental, mas também com a ética e a sustentabilidade em todas as fases do projeto. Esse alinhamento com o ESG posiciona o produto como uma alternativa sustentável, relevante para consumidores e empresas focadas em responsabilidade ambiental.





5.3 Limitações do Projeto

Apesar dos resultados promissores, algumas limitações foram observadas. A fabricação com bambu exige uma padronização rigorosa para garantir durabilidade e resistência, e, no contexto deste projeto, enfrenta-se dificuldades relacionadas à contração e adaptação das peças em PLA e resina durante os testes de prototipagem. Esses desafios evidenciam a necessidade de aprimoramento na produção, visando tanto a uniformidade das peças quanto a precisão dos encaixes, especialmente quando materiais naturais e sustentáveis estão envolvidos.

A questão do peso também foi um aspecto limitante, dado que o protótipo final apresentou uma massa levemente elevada para o padrão de portabilidade ideal. Essa limitação sugere que o desenvolvimento futuro de caixas de som sustentáveis deverá explorar combinações de materiais que mantenham o apelo ecológico e garantam a leveza e a praticidade do produto.

6. CONCLUSÃO

Por meio da análise dos usuários dos produtos concorrentes que compraram alguma caixa de som, ficaram evidentes os pontos de fragilidade que essas caixas possuem. Com o auxílio de um mapa mental, foi possível definir o problema: desenvolver uma caixa de som feita de bambu que priorize a sustentabilidade e garanta resistência e durabilidade sem comprometer a qualidade sonora.

A pesquisa por patentes revelou diversas soluções parciais, mas que não atendiam completamente aos requisitos de sustentabilidade e performance acústica. A análise de benchmarking mostrou que as caixas de som existentes no mercado são similares entre si e utilizam, em grande parte, materiais convencionais não sustentáveis. Portanto, foi necessário inovar para criar novas possibilidades e atender aos requisitos de um produto sustentável e funcional.





Através da pesquisa com os usuários, foram coletadas informações para definir o perfil do cliente e as especificações-meta do produto. Identificou-se que o público-alvo valoriza, além da sustentabilidade, a qualidade sonora, a durabilidade e o design. A estética natural do bambu foi bem recebida e, para os usuários, esses aspectos são mais importantes do que o preço e o tamanho do produto.

Esboços e modelagens 3D foram realizados, com o ponto de partida sendo as caixas de som tradicionais. Com o auxílio de ferramentas CAD, percebeu-se que a primeira modelagem era inviável, pois demandava um corte complexo do bambu, o que dificultaria a fabricação. Assim, chegou-se a uma modelagem posterior que apresentou um bom desempenho no ambiente CAD e mostrou-se uma base promissora para os testes funcionais.

Modelos 3D em PLA e resina foram impressos para simular a estrutura, mas algumas dificuldades surgiram: imprecisões nas dimensões do PLA e deformações nas peças de resina prejudicaram o encaixe e o desempenho nos testes funcionais. Esses problemas foram decorrentes do tamanho dos encaixes, da contração do PLA e do posicionamento dos suportes de resina. Apesar das dificuldades, foi possível concluir que este caminho é promissor, uma vez que a montagem foi realizada e os testes funcionais iniciais tiveram um êxito parcial.

Por fim, ao calcular a massa do conjunto, notou-se que ele estava um pouco pesado, considerando os requisitos de portabilidade. Isso levou à avaliação de outros materiais que mantivessem a sustentabilidade, mas com menor peso. Concluiu-se que a combinação do bambu com componentes internos leves, como peças específicas tecnológicas, é uma boa escolha, pois equilibra o baixo peso com resistência mecânica adequada e acessibilidade econômica, sem perder o apelo sustentável do projeto.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALDE, C. P. *et al. The Global E-waste Monitor 2017*. Bonn: United Nations University, 2017.

BAXTER, M. *Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos*. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2000.

Revista *OWL Journal*, Campina Grande - PB, v. 4 n. 7 (2026) - ISSN 2965-2634

A Revista *OWL Journal* está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição (CC BY)





BERMAN, B. 3-D printing: the new industrial revolution. *Business Horizons*, v. 55, n. 2, p. 155-162, 2012.

CALDERÓN ORTEGA, W. Historia de la cirugía plástica. *Revista Chilena de Cirugía*, p. 226-232, 1997.

CAROLI, P. *Lean Inception: como alinhar pessoas e construir o produto certo*. 1. ed. São Paulo: Caroli, 2018.

CARPES JÚNIOR, W. P. *Introdução ao projeto de produtos*. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.

CHANG, T.-L. *et al.* Treatment satisfaction with facial prostheses. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, v. 94, n. 3, p. 275-280, 2005.

CONVERSION. Com 1,69 bilhão de acessos, e-commerce retrai 3,7% em setembro e turismo segue em alta. 2021. Disponível em: <https://www.conversion.com.br/blog/relatorio-ecommerce-outubro-2021/>. Acesso em: 20 set. 2024.

FRIEDE, G.; BUSCH, T.; BASSEN, A. ESG and financial performance: aggregated evidence from more than 2000 empirical studies. *Journal of Sustainable Finance & Investment*, v. 5, n. 4, p. 210-233, 2015.

GEBLER, M.; SCHOOT UITERKAMP, A. J. M.; VISSER, C. The environmental impacts of 3D printing. *Energy Policy*, v. 74, p. 158-167, 2014.

GEISSDOERFER, M. *et al.* The circular economy: a new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, v. 143, p. 757-768, 2017.

GIBSON, I.; ROSEN, D.; STUCKER, B. *Additive manufacturing technologies*. 2. ed. New York: Springer, 2015.

GOIATO, M. C. *et al.* Patient satisfaction with maxillofacial prosthesis.

GRAND VIEW RESEARCH. *Portable Bluetooth Speakers Market Size, Share & Trends Analysis Report*. San Francisco, 2023.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). *Climate Change 2023: Synthesis Report*. Geneva, 2023.

JAMSHIDIAN, M. *et al.* Poly-lactic acid: production, applications, nanocomposites, and release studies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v. 9, n. 5, p. 552-571, 2010.





- LIESE, W.; KÖHL, M. *Bamboo: the plant and its uses*. Cham: Springer, 2015.
- MANZINI, E.; VEZZOLI, C. A strategic design approach to sustainable product development. *Journal of Cleaner Production*, 2003.
- NGO, T. D. *et al.* Additive manufacturing (3D printing): a review of materials, methods, applications and challenges. *Composites Part B: Engineering*, v. 143, p. 172-196, 2018.
- ONU – UNITED NATIONS UNIVERSITY. *Global E-waste Monitor 2020*. Bonn, 2020.
- PORTER, M. E.; KRAMER, M. R. Creating shared value. *Harvard Business Review*, v. 89, n. 1/2, p. 62-77, 2011.
- ROZENFELD, H. *et al.* *Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo*. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2006.
- SHARMA, B. *et al.* Engineered bamboo for structural applications. *Construction and Building Materials*, 2015.
- WHITE, K.; HABIB, R.; HARDISTY, D. J. How to SHIFT consumer behaviors to be more sustainable. *Journal of Marketing*, v. 83, n. 3, p. 22-49, 2019.

Recebido em: 17/05/2026

Aprovado em: 14/06/2026

Publicado em: 07/07/2026

