

**DESIGN E UPCYCLING:
ALIANDO O DIGITAL AO FAZER MANUAL
NA PRODUÇÃO DE ACESSÓRIOS DE MODA**

WANDERLAYNE FERNANDES DO AMARAL



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE ARTES E COMUNICAÇÃO
GRADUAÇÃO EM DESIGN

WANDERLAYNE FERNANDES DO AMARAL

DESIGN E UPCYCLING: ALIANDO O DIGITAL AO FAZER MANUAL
NA PRODUÇÃO DE ACESSÓRIOS DE MODA

Recife
2025

WANDERLAYNE FERNANDES DO AMARAL

**DESIGN E UPCYCLING: ALIANDO O DIGITAL AO FAZER MANUAL
NA PRODUÇÃO DE ACESSÓRIOS DE MODA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Departamento de Design da Universidade
Federal de Pernambuco, como requisito para
obtenção do título de Bacharela em Design.

Orientadora: Débora Tatiana Ferro Ramos

Recife
2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Fernandes do Amaral, Wanderlayne.

DESIGN E UPCYCLING: ALIANDO O DIGITAL AO FAZER MANUAL
NA PRODUÇÃO DE ACESSÓRIOS DE MODA / Wanderlayne Fernandes do
Amaral. - Recife, 2025.

59 p. : il., tab.

Orientador(a): Débora Tatiana Ferro Ramos

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de
Pernambuco, Centro de Artes e Comunicação, Design - Bacharelado, 2025.

Inclui referências.

1. Design. 2. Sustentabilidade. 3. Moda Upcycling. I. Tatiana Ferro Ramos,
Débora . (Orientação). II. Título.

300 CDD (22.ed.)

FOLHA DE APROVAÇÃO

WANDERLAYNE FERNANDES DO AMARAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Design da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito para obtenção do título de Bacharela em Design.

Aprovada em: 06/08/2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Débora Tatiana Ferro Ramos (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Rosiane Pereira Alves (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Danilo Fernandes Vitorino (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. M.e Antonio Luis de Oliveira Filho (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Diferente de todos os trabalhos que já realizei no meio acadêmico, este foi, sem dúvida, o que mais me envolveu e me descreve como profissional. Ele representa uma parte muito significativa da minha trajetória e, agora, se apresenta em forma de estudo. Por isso, meus primeiros e mais profundos agradecimentos vão para as milhares de mulheres que impactei nos últimos anos e que carinhosamente chamo de *lfinszeiras*. Obrigada meninas, por toda a motivação, impulso e afeto que mantêm a *lfins* viva. Este trabalho é também uma forma de eternizar essa história que construímos juntas.

Essa pesquisa não teria sido possível sem minhas grandes acolhedoras: primeiro, à UFPE, especialmente ao CAC, por me proporcionar uma educação criativa e conectada com a prática, na qual conheci minha orientadora, Débora, que topou fazer parte “estrutural” desse trabalho de conclusão, obrigada! Ao GRE3D, representado por Sadi Seabra, que me abriu as portas para o universo digital e as diversas experimentações através da fabricação digital. E ao Fab Lab Rec — em especial Betita, Morales, Michel e Cris — por me ensinarem tanto, me acolherem e por permitirem que eu expandisse meus saberes makers não só no meu projeto, mas também com outras mulheres, em contextos reais e transformadores.

Como também ao Sesc, que se tornou quase uma segunda casa. Foram dois anos de muito aprendizado e amadurecimento, que inclusive me fizeram prolongar o curso para poder concluir o estágio com o cuidado que ele merecia. À equipe da UCM, formada por pessoas incríveis, meu carinho eterno — foi um privilégio fazer parte desse time e levo comigo um pedacinho de cada um. O Sesc é massa, visse?! Mas a UCM, meus caros, é sensacional!

Por fim, agradeço àqueles que estão sempre comigo: à minha mãe, que sem saber despertou em mim o espírito de empreendedora desde a infância; ao meu pai, por toda a estrutura e suporte que me permitiram seguir firme no ambiente acadêmico; à minha irmã Wanessa, por nos dar o presente que é Luna, uma nova fonte de alegria para toda a família; ao meu companheiro Brunixto, que não apenas me apoia, mas corre ao meu lado em todos os caminhos que a vida nos apresenta; e aos meus amigos, por suas presenças sempre divertidas e contagiantes.

*“Tão pura, tão linda, tão bela
Por ela e por toda a vida
Pois ela é toda
Ela é toda colorida*

*Ela é a coisa mais meiga
Que Deus no mundo botou
(...)*

*Mas eu tenho fé
Quando Deus ouvir minha canção
Eu serei feliz por toda a vida
Pois ela será a minha eterna, toda colorida”*

Jorge Ben Jor

RESUMO

Este estudo tem como objetivo investigar a aplicação do corte a laser como ferramenta de otimização nos processos produtivos da marca Ifins, a qual se dedica ao desenvolvimento de acessórios de moda a partir da reutilização de resíduos sólidos. O estudo adota uma abordagem experimental, unindo revisão teórica, práticas de laboratórios makers e análise comparativa entre processos manuais e digitais. A experimentação com dois modelos de cortadoras a laser CO² permitiu identificar parâmetros mais eficazes de potência, velocidade e distância de focagem, resultando em cortes mais precisos, rápidos e com menor desperdício de material. A comparação entre os processos demonstrou que o corte digital superou o manual em termos de eficiência, regularidade e produtividade, sem comprometer o valor afetivo do fazer artesanal. Os resultados indicam que a integração entre tecnologias digitais e práticas manuais pode ampliar as possibilidades de produção local e sustentável, oferecendo soluções replicáveis para designers independentes. Deste modo, a pesquisa contribui para o avanço do design sustentável, uma vez que sugere novos caminhos para o reaproveitamento criativo de resíduos na moda.

Palavras-chave: Design sustentável; Moda Upcycling; Acessórios artesanais; Experimentação Digital.

ABSTRACT

This study investigates the application of laser cutting as an optimization tool in the production processes of the Ifins brand, which develops fashion accessories from recycled solid waste. The study adopts an experimental approach, combining theoretical review, maker lab practices, and a comparative analysis of manual and digital processes. Experimentation with two CO² laser cutter models allowed us to identify the most effective parameters for power, speed, and focusing distance, resulting in more precise, faster cuts with less material waste. The comparison between the processes demonstrated that digital cutting outperformed manual cutting in terms of efficiency, regularity, and productivity, without compromising the emotional value of craftsmanship. The results indicate that the integration of digital technologies and manual practices can expand the possibilities for local and sustainable production, offering replicable solutions for independent designers. Thus, the research contributes to the advancement of sustainable design, as it suggests new paths for the creative reuse of waste in fashion.

Keywords: *Sustainable design; Upcycling fashion; Handmade accessories; Digital experimentation.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Registro da Ifins em feira colaborativa	25
Figura 02: Moodboard de coleção - Soy Colorida	26
Figura 03: Ficha Técnica dos brincos Ifins	27
Figura 04: Croqui da coleção	28
Figura 05: Componentes e camadas de embalagens cartonadas	29
Figura 06: Desenvolvimento e corte manual da forma estrutural	32
Figura 07: Revestimento das formas estruturais com retalhos têxteis	33
Figura 08: Impermeabilização das formas estruturais revestidas	33
Figura 09: Junção das formas estruturais com peças de montagem	34
Figura 10: Cortadoras LASER	38
Figura 11: Máquinas de corte	38
Figura 12: Resíduos cartonados	39
Figura 13: Testes com potências >50 na DUA 1209	42
Figura 14: Cortes DUA 1209	43
Figura 15: Cortes 1310	43
Figura 16: Comportamento do resíduo ao corte a laser	44
Figura 17: Encaixe das formas estruturais	46
Figura 18: Estruturas de corte digital à esquerda e manual à direita	50
Figura 19: Peças finais	51

LISTA DE QUADROS

Quadro 01: Critérios de qualidade	34
Quadro 02: Critérios de sustentabilidade	39
Quadro 03: Parâmetros utilizados para os testes de cortes	42
Quadro 04: Dados obtidos com diferentes cortes	49

LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama 01: Etapas projetuais para desenvolvimento de acessórios <i>upcycling</i>	31
--	----

SUMÁRIO

RESUMO	08
ABSTRACT	09
1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Justificativa	17
1.2 Objetivos	18
1.3 Objeto de Estudo	19
2 PROCEDIMENTOS METOLÓGICOS	21
3 ESTUDO EXPERIMENTAL	24
3.1 FASE DESCRITIVA	24
3.1.1 Ifins	24
3.1.2 Coleção Cápsula Soy Colorida	25
3.1.3 Resíduos sólidos como matéria-prima	28
3.1.4 Processo produtivo	31
3.1.5 Critérios de qualidade e sustentabilidade	34
3.2 FASE EXPERIMENTAL	37
3.2.1 Materiais e tecnologias	37
3.2.2 Testes e parâmetros de laser	40
3.2.3 Montagem das peças	44
3.3 FASE ANALITICA	45
3.3.1 Aproveitamento de materiais	45
3.3.2 Análise comparativa	48
3.3.3 Qualidade do produto	50
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56



1 INTRODUÇÃO

Em um panorama global marcado por intensas transformações tecnológicas e pela crescente preocupação com questões socioambientais, o design assume um papel central na reformulação dos modos de produção e consumo. Desde as crises ambientais identificadas nas décadas de 1960 e 1970, tornou-se evidente a insustentabilidade do modelo econômico vigente, pautado no consumo acelerado e na obsolescência programada (Quaresma e Moura, 2016). Tais questões seguem ressoando no presente, exigindo posturas críticas e proposições inovadoras.

Como resposta, emergem práticas orientadas pelo desenvolvimento sustentável, que se articulam entre as dimensões ambiental, social e econômica. Nesse sentido, abordagens como o design sustentável priorizam o ciclo de vida dos produtos e serviços, ampliando o campo de atuação do designer, que passa a considerar não apenas a estética e a funcionalidade, mas também os impactos éticos, sociais e ambientais de suas criações (Pazmino, 2007; Gonzaga e Mendes, 2019; Vezzoli, 2023).

De acordo com os autores supracitados, essa abordagem adota uma lógica sistêmica, contemplando todas as etapas, da extração de matérias-primas ao descarte, incentivando escolhas baseadas na eficiência energética, no uso de materiais de baixo impacto, na durabilidade e na possibilidade de reparo, reuso e reciclagem. O design, então, deixa de ser apenas uma ferramenta para a resolução de problemas formais e

transforma-se em um campo de atuação política, cultural e ecológica que contribui para alternativas que rompem com a lógica da descartabilidade e propõem modelos mais justos, inovadores e resilientes.

É nesse movimento de ampliação de horizontes que o fazer artesanal ressurge com força renovada, não como um retorno nostálgico ao passado, mas como uma alternativa concreta ao modelo industrial dominante. Vinculada à tradição, ao saber manual e às especificidades culturais de cada território, a produção artesanal carrega consigo valores como a singularidade, o afeto e o vínculo entre quem faz e quem consome (Mariani e Malaguti, 2024). Por outro lado, a fabricação digital, com seus métodos baseados em automação, precisão e replicabilidade, oferece ganhos importantes em termos de escalabilidade e padronização, ao “utilizar ferramentas e processos controlados por computador para transformar, diretamente, projetos digitais em produtos físicos” (Oliveira, 2016, p.6).

Ainda que historicamente situadas em campos distintos, as práticas não precisam ser encaradas como antagônicas. Pelo contrário: a integração dessas linguagens representa uma das possibilidades mais promissoras para o design contemporâneo. Ao aproximar ferramentas tecnológicas dos processos manuais, ampliam-se os repertórios técnicos e criativos, abrindo espaço para formas de produção híbridas, mais inovadoras e correspondentes às demandas do presente.

A articulação entre saberes tradicionais e tecnologias emergentes é particularmente relevante quando se trata do uso de resíduos sólidos como matéria-prima, sendo um desafio que demanda soluções técnicas, mas também criativas.

Os resíduos, segundo a classificação da ABNT NBR 10004 (2004), apresentam alta variabilidade em termos físicos,

químicos e biológicos. Reaproveitá-los requer mais do que habilidade técnica: exige um olhar atento às possibilidades do material e um compromisso ético com a minimização dos impactos ambientais.

No campo da moda, o *upcycling* surge como um gesto de resistência e criação. Avila *et al.* (2018) abordam-o como o aproveitamento de resíduos para criação de produtos de maior valor, uso ou qualidade, prolongando sua vida útil e evitando o descarte, sem perda de propriedades como ocorre na reciclagem. Portanto, ao transformar materiais considerados descartáveis, o *upcycling* reconfigura o valor da matéria-prima, rompe com a lógica linear do descarte e propõe narrativas mais sensíveis e críticas.

Logo, o *upcycling* aplica-se ao fortalecimento do movimento *Slow Fashion*, que propõe uma lógica de produção e consumo mais consciente, valorizando processos locais, ciclos mais lentos e relações mais transparentes ao longo da cadeia produtiva, em contraste ao *Fast Fashion*, que prioriza a produção em massa e o consumo rápido (Fletcher e Grose, 2011). Segundo as autoras, os produtos que partem dessa lógica incorporam a cultura local e favorecem a criatividade, contrariando o fluxo de produtos genéricos e homogêneos.

A fabricação digital, por sua vez, amplia as possibilidades de atuação do design sustentável. Ferramentas como softwares de modelagem, impressão 3D e corte a laser tornam-se aliadas para a prototipagem, customização e aprimoramento técnico das peças (Oliveira, 2016; Pires e Martins, 2019). No entanto, o uso dessas tecnologias deve ser orientado por uma visão sistêmica e ética, que reconheça os limites da automação e preserve o valor simbólico e cultural dos processos manuais.

A pergunta que move esta pesquisa nasceu justamente deste encontro de perspectivas: *como os processos digitais podem*

se aliar ao fazer manual de modo a contribuir com a produção de acessórios de moda upcycling sem abrir mão dos atributos estéticos, simbólicos e afetivos que caracterizam a prática artesanal?

1.1 Justificativa

Esta pesquisa parte de vivências reais da autora e do olhar atento às exigências e transformações do fazer artesanal contemporâneo. Em um cenário onde a produção autoral e de pequena escala ganha relevância por sua conexão com valores culturais e afetivos, torna-se cada vez mais urgente encontrar caminhos que ampliem a capacidade produtiva sem perder qualidade, originalidade e compromisso ético-ambiental que caracterizam o fazer artesanal.

A produção artesanal dos acessórios selecionados para este estudo envolve cuidado, tempo e sensibilidade. No entanto, esse mesmo cuidado apresenta desafios operacionais importantes, tornando-se fisicamente exaustivo, sobretudo em etapas como o corte manual das diferentes formas que compõem os produtos. A repetição de movimentos, as imperfeições geradas pelo cansaço ou pela limitação de ferramentas e o alto consumo de tempo comprometem tanto o bem-estar de quem cria quanto a viabilidade de expandir a produção sem abdicar da identidade das peças. Foi nesse ponto que constatou-se a urgência de investigar alternativas capazes de preservar a essência do fazer manual, mas que trouxessem mais precisão, conforto físico e eficiência ao processo.

O corte a laser, nesse cenário, surgiu como uma possibilidade promissora, não como substituto da mão que cria, mas como uma extensão tecnológica capaz de executar com mais regularidade formas complexas e cortes limpos com maior

regularidade, antes obtidos apenas com esforço repetitivo. Ao reduzir a sobrecarga física e os riscos associados a lesões osteomusculares decorrentes da repetição de movimentos (Iida e Buarque, 2018), a adoção dessa tecnologia contribui para a promoção de um ambiente laboral mais saudável, produtivo e sustentável.

Essa união entre o digital e o manual constitui um dos principais eixos deste trabalho: compreender como duas linguagens, tradicionalmente vistas como opostas, podem operar em parceria, promovendo resultados mais sustentáveis, funcionais e esteticamente refinados.

A experiência direta da autora com a criação de acessórios sustentáveis, especialmente em contextos de feiras e eventos, evidenciou o desafio de manter uma produção constante sem comprometer a saúde física de quem executa as tarefas.

Esta pesquisa justifica-se, portanto, pela necessidade prática de quem vive e enfrenta as limitações do fazer manual sem abrir mão do cuidado que ele carrega. Além disso, traz contribuições para o campo do design ao apresentar uma solução possível e replicável para iniciativas autorais que desejam crescer sem se distanciar de seus valores, buscando uma resposta sensível e estratégica aos desafios enfrentados por quem cria com propósito, consciência e, o mais importante: com as próprias mãos.

1.2 Objetivo

Esta pesquisa teve como objetivo geral investigar a aplicação do corte a laser em resíduos cartonados como ferramenta de otimização na produção de acessórios de moda da marca Ifins. Para isso, apresentam-se os objetivos específicos:

- » Identificar e estabelecer os parâmetros técnicos ideais para o corte a laser deste tipo de material, considerando suas especificidades estruturais;
- » Analisar comparativamente os processos de corte manual e digital, evidenciando diferenças quanto à eficiência e qualidade.

1.3 Objeto de estudo

A investigação toma como objeto de estudo o processo de corte a laser aplicado à produção da coleção cápsula *Soy Colorida*, desenvolvida pela marca Ifins. A pesquisa centra-se na análise das etapas de concepção e fabricação de brincos sustentáveis, concebidos a partir do reaproveitamento de resíduos têxteis e cartonados, explorando tanto o potencial estético quanto a eficiência produtiva que essa tecnologia pode oferecer no contexto do design de acessórios de moda.



2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Trata-se de um estudo experimental que integra revisão bibliográfica, experimentação prática e análise de dados, visando a otimização do processo de confecção de brincos sustentáveis. A pesquisa caracteriza-se como de natureza aplicada, uma vez que busca gerar conhecimentos voltados à aplicação prática e à resolução de problemas específicos, alinhando-se a interesses locais e reais.

O método experimental, aplicado como procedimento de investigação, consiste em recriar condições controladas para a análise de um fenômeno, utilizando infraestrutura, equipamentos e instrumentos adequados à verificação das relações de causa e efeito entre os fatores estudados (Gil, 2008). Nesse contexto, os experimentos foram conduzidos para testar e desenvolver acessórios sustentáveis, a partir da manipulação de variáveis como tipos de materiais, técnicas e processos de fabricação, sempre em condições controladas pela pesquisadora. Para a execução, três fases principais foram definidas pela autora, sendo elas:

Fase 01. **Descritiva:** Abarcou a coleta e sistematização de referências teóricas que fundamentaram o estudo, sendo apresentadas na introdução e no desenvolvimento do projeto. Foram reunidas informações relativas às práticas de *upcycling* no contexto da moda sustentável, aos resíduos sólidos com ênfase nos resíduos têxteis e cartonados, às possibilidades de integração entre os processos artesanais e digitais na produção de acessórios, bem como ao funcionamento e aplicabilidade da tecnologia de corte a laser no design de produtos.

Fase 02. **Experimental:** Consistiu na experimentação e análise de cinco modelos de brincos, aplicando-se técnicas de cortes manuais e digitais. Nesta fase, foram realizados testes sistemáticos com diferentes configurações de corte a laser (variação de potência, velocidade e distância de focagem), utilizando cortadoras a laser CO² de diferentes especificações, com o intuito de definir parâmetros ideais para o processamento do material selecionado.

Fase 03. **Analítica:** Foram realizadas análises comparativas entre os métodos de corte manual e digital, com base em critérios previamente definidos. A avaliação considerou aspectos como o tempo de produção, a precisão dos cortes, o aproveitamento de matéria-prima e o acabamento final das peças.

Dessa forma, os procedimentos metodológicos com abordagem multidisciplinar asseguraram a construção de um conhecimento sólido e aplicável sobre a otimização de processos sustentáveis na confecção de acessórios de moda, tema que será melhor detalhado no próximo capítulo.



3 ESTUDO EXPERIMENTAL

A pesquisa empírica se desdobra a partir da prática da marca Ifins, inserida em um contexto artesanal e de pequena escala, que enfrenta desafios relacionados à produtividade, especialmente na etapa de corte manual. Diante desse cenário, o capítulo apresenta uma abordagem prática e controlada do uso do corte a laser como alternativa para otimizar esse processo, preservando os valores estéticos e afetivos que caracterizam o fazer manual.

3.1 FASE DESCRITIVA

3.1.1 Ifins

A Ifins é uma marca independente fundada em janeiro de 2018 na cidade do Recife pela própria autora. A marca tem como foco o desenvolvimento de brincos artesanais produzidos manualmente a partir de resíduos sólidos urbanos, com ênfase na técnica do *upcycling*. Fundamentada nos princípios do design consciente e da sustentabilidade, a Ifins busca ressignificar materiais descartados, principalmente resíduos têxteis e embalagens cartonadas, transformando-os em acessórios coloridos, autênticos e atemporais.

A prática artesanal está presente em todas as etapas do processo criativo e produtivo, acompanhada por um compromisso constante com a melhoria da qualidade, o que confere singularidade a cada peça, ao mesmo tempo que

reforça a dedicação à redução dos impactos ambientais e à otimização dos recursos.



Figura 01:
Registro da Ifins em feira
colaborativa.
Fonte: Acervo pessoal.

3.1.2 Coleção cápsula Soy Colorida

A coleção cápsula *Soy Colorida* foi criada pela marca Ifins e vem sendo produzida desde 2024. A coleção, assim como todas as peças da marca, foi concebida com o propósito de explorar as possibilidades do *upcycling* na produção de acessórios de moda, especialmente brincos.

Inspirada na estética vibrante e múltipla da América Latina, representada no moodboard (Figura 02), *Soy Colorida* propõe um repertório visual que contrapõe os códigos tradicionalmente associados à sustentabilidade, muitas vezes limitados a uma paleta neutra ou formas rudimentares.

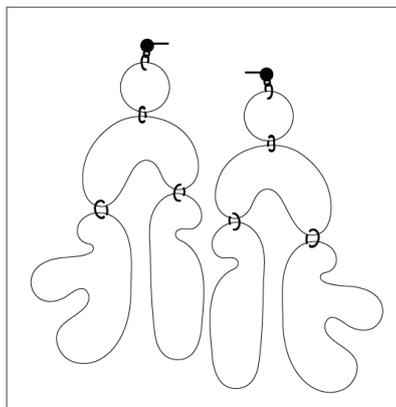


Figura 02:
Moodboard de coleção
- Soy Colorida.
Fonte: Elaborado pela autora.

A identidade visual da coleção traduz uma busca consciente por singularidade e pertencimento, voltada a mulheres que se reconhecem na diversidade de cores, formas e experiências. Assim, *Soy Colorida* torna-se não apenas uma coleção de acessórios, mas também uma plataforma de expressão e reflexão sobre consumo, identidade e sustentabilidade no campo da moda.

Para fins de experimentação e análise, foram selecionados cinco modelos da coleção – Cômica, Essencial, Fluído, Extrovertida e Eminente (Figura 03) – considerados os mais complexos, em função das múltiplas angulações e curvaturas presentes em suas formas.

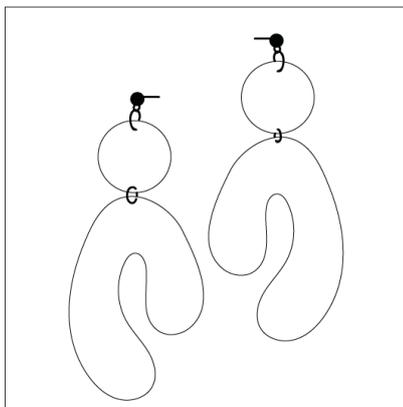
FICHA TÉCNICA - IFINS
 MODELO: ESSENCIAL



Especificações

- 8 a 10 argolas de conexão + 2 und. bases
 1. circular - 1.7x1.7 cm 3. orgânico - 3.2x4.8 cm
 2. curvo - 3.5x3 cm 4. alongado: 1.8x5.5 cm

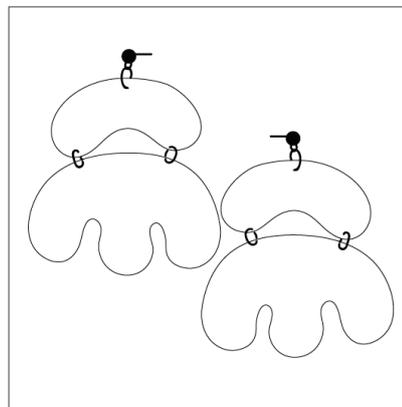
FICHA TÉCNICA - IFINS
 MODELO: EMINENTE



Especificações

- 4 a 6 argolas de conexão + 2 und. bases
 1. circular - 1.7x1.7 cm
 2. concavo - 3x4.5 cm

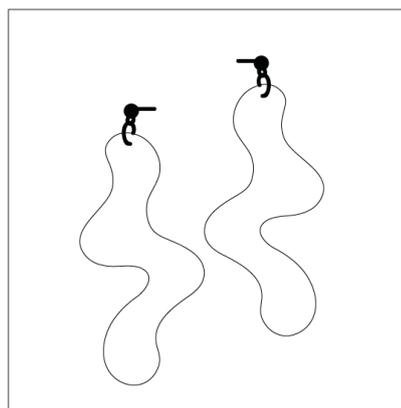
FICHA TÉCNICA - IFINS
 MODELO: EXTROVERTIDA



Especificações

- 6 a 8 argolas de conexão + 2 und. bases
 1. concavo - 3.5x1.5 cm
 2. orgânico - 4.5x2.8 cm

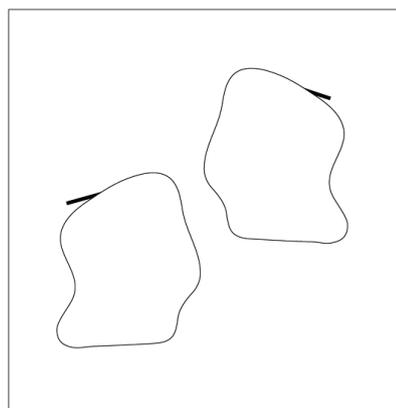
FICHA TÉCNICA - IFINS
 MODELO: FLUÍDO



Especificações

- 2 a 4 argolas de conexão + 2 und. bases
 ondular orgânico - 2.5x5.5 cm

FICHA TÉCNICA - IFINS
 MODELO: CÔMICA



Especificações

- 4 a 6 argolas de conexão + 2 und. bases
 orgânico - 3x3.5 cm

Figura 03:
 Ficha Técnica dos brincos Ifins.
 Fonte: Elaborado pela autora.

As peças da coleção apresentam combinações singulares de formas geométricas e orgânicas (Figura 04), cores intensas e texturas diversas, evidenciando uma abordagem estética colorida e ousada. Essa escolha não apenas amplia as possibilidades criativas do design sustentável, como também propõe uma ruptura com o imaginário estético da sustentabilidade como algo simples ou rústico.

Figura 04:
Croqui da coleção.
Fonte: Elaborado pela autora.



Por fim, esses modelos foram utilizados como base comparativa entre os processos de corte manual e digital, possibilitando uma avaliação criteriosa da precisão, padronização e tempo produtivo.

3.1.3 Resíduos sólidos como matéria-prima

No contexto da Ifins, os resíduos sólidos utilizados como matéria-prima são provenientes, majoritariamente, de duas categorias: retalhos têxteis e embalagens cartonadas – pós consumo. Ambos se enquadram na classificação de resíduos sólidos urbanos, conforme a ABNT NBR 10004 (2004),

sendo provenientes de processos industriais e domésticos e apresentando potencial de reaproveitamento, apesar dos desafios técnicos associados à sua separação e transformação.

Os resíduos têxteis, provenientes de sobras de produção, retalhos e descarte de confecções, são amplamente utilizados no revestimento das formas estruturais que compõem os acessórios desenvolvidos pela marca. Segundo Harbs *et al.* (2017), este tipo de resíduo apresenta baixa taxa de reciclagem no Brasil, em função da complexidade de sua composição, que pode incluir diferentes fibras, linhas de costura, aviamentos e acabamentos diversos, dificultando o reaproveitamento em larga escala.

Segundo dados do Sebrae (2023), estima-se que o país produza aproximadamente 170 mil toneladas de resíduos têxteis por ano, das quais apenas cerca de 20% são recicladas ou reaproveitadas, enquanto o restante são descartados indevidamente.

Paralelamente, esta pesquisa também investigou o uso de embalagens cartonadas, comumente denominadas embalagens longa vida, amplamente utilizadas na indústria

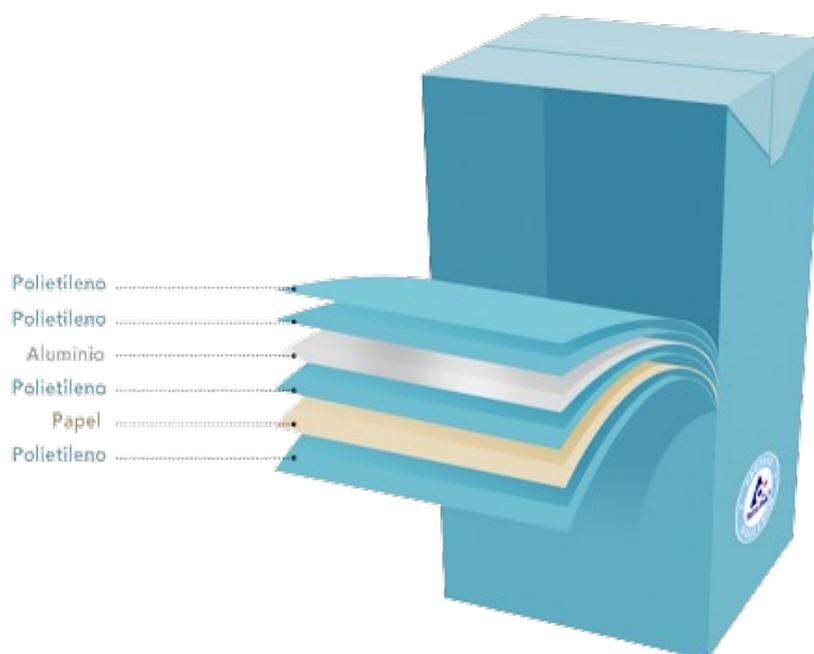


Figura 05:
Componentes e camadas de
embalagens cartonadas.
Fonte: Nutrição
Prática & Saudável (2018).

alimentícia para o acondicionamento de líquidos, como leite e sucos. Assim como os retalhos, estas embalagens possuem diversas camadas de composição, ilustradas na Figura 05.

Parafraseando a Tetra Pak (2020), a embalagem cartonada é composta por três materiais:

- Papel-cartão – representa 70% de toda embalagem, proporcionando estabilidade e resistência, além de estampar as informações do produto;
- Polietileno – representa 25% da embalagem, fornece a proteção contra a umidade externa e permite maior potencial de adesão do papel-cartão a folha de alumínio;
- Folha de alumínio – representa 5% da embalagem, com intuito de proteger o produto contra as reações químicas decorrentes do oxigênio, luz e ar.

Devido à complexidade de sua composição, a degradação natural das embalagens cartonadas é extremamente lenta, e sua reciclagem requer processos industriais específicos para a separação das camadas (Landim *et al.*, 2016). Por esse motivo, grande parte desses resíduos ainda é descartada de forma inadequada, contribuindo para a sobrecarga dos sistemas de gestão de resíduos urbanos.

Reconhecendo o potencial técnico e simbólico desse material, a marca Ifins passou a empregá-lo como base estrutural para a confecção de seus moldes. Suas propriedades de resistência, flexibilidade e impermeabilidade conferem durabilidade às peças. O uso combinado de resíduos têxteis e cartonados constitui não apenas uma estratégia estética e funcional, mas também um posicionamento ético e ambiental por parte da marca.

3.1.4 Processo produtivo

O desenvolvimento dos acessórios sustentáveis baseados na técnica do *upcycling* segue uma sequência de etapas projetuais sistematizadas pela autora, com base em suas vivências, conforme ilustrado no Diagrama 01. Esse fluxo orienta a criação desde o planejamento conceitual até a finalização do produto.



Diagrama 01:
Etapas projetuais para desenvolvimento de acessórios *upcycling*.
Fonte: Elaborado pela autora.

O processo produtivo tem início com a coleta e separação dos resíduos sólidos que servirão de base para a produção das peças, sendo utilizadas embalagens cartonadas pós-consumo, oriundas do descarte doméstico pessoal, e retalhos têxteis, doados por pequenas e médias confecções locais.

Em seguida, ocorre a higienização das embalagens — remoção dos restos de alimentos líquidos por meio da lavagem com água e detergente, enxágue e a secagem do resíduo — e a triagem dos tecidos aptos ao uso. Essas etapas exigem tempo e cuidado, uma vez que materiais contaminados ou degradados não são reutilizáveis e podem comprometer a durabilidade da peça final.

Após a separação dos materiais, procede-se à produção das formas estruturais, tomando-se como referência as formas previamente definidas durante o desenvolvimento da coleção. Neste estágio, as formas são desenhadas com caneta esferográfica diretamente sobre a face interna da embalagem cartonada, utilizando-se régua e/ou moldes pré-definidos. Posteriormente, essas formas são recortadas manualmente, com tesoura.



Figura 06:
Desenvolvimento e corte
manual da forma estrutural.
Fonte: Registrado pela autora.

A produção manual das formas estruturais impõe uma série de desafios. Primeiramente, a precisão do desenho depende integralmente da destreza da artesã, podendo haver variações dimensionais entre peças de um mesmo modelo. Além disso, o recorte com tesoura limita a complexidade das formas,

dificultando a execução de curvas precisas, ângulos agudos e cortes internos. Tais limitações impactam diretamente na fidelidade do projeto e na padronização dos acessórios.

Na etapa de montagem dos brincos, as formas estruturais recortadas são revestidas com os retalhos têxteis, sendo realizado de maneira precisa para garantir que a superfície fique uniforme e agradável visualmente.

Figura 07:
Revestimento das formas estruturais com retalhos têxteis.
a) Moldes recortados
b) Colagem do molde ao tecido
c) União dos moldes
Fonte: Registrado pela autora.



Após o revestimento, as partes da frente e do verso do brinco são unidas cuidadosamente para que não haja presença de resíduos visíveis. Esse processo é feito utilizando cola de silicone líquida, que oferece uma boa aderência, sendo essencial para a durabilidade do acessório. A cola é aplicada no interior das partes, e as duas peças são alinhadas e pressionadas até a fixação. Após a colagem, a secagem completa ocorre em até 12 horas, garantindo firmeza, resistência e durabilidade à peça.

Após a secagem completa, a etapa de acabamento é iniciada com a análise visual das formas estruturais revestidas, onde identificam-se irregularidades ou falhas a serem corrigidas. As laterais devem seguir rigorosamente a margem da forma, mantendo um padrão visual harmonioso, e a montagem precisa garantir que todas as partes estejam bem aderidas, sem brechas entre as estruturas, com ausência de cola visível e outras sujidades para um acabamento limpo e sofisticado.



Figura 08:
Impermeabilização das formas estruturais revestidas.
Fonte: Registrado pela autora.

Para aumentar a resistência e durabilidade dos brincos, aplica-se uma camada de impermeabilizante de tecido (Figura 08), protegendo o material contra umidade e desgaste, mantendo

a integridade da peça ao longo do tempo.

Posteriormente, têm-se a junção das formas estruturais revestidas com materiais de montagem, como bases de brinco e argolas (Figura 09). O uso de alicates específicos garante um encaixe preciso e seguro, evitando folgas que comprometam a durabilidade da peça.



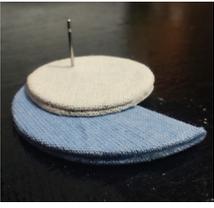
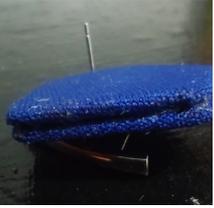
Figura 09:
Junção das formas estruturais
com peças de montagem.
Fonte: Registrado pela autora.

Finalizado o brinco, o mesmo é acondicionado em uma embalagem que reflete a identidade da marca. Além de proteger a peça, a embalagem reforça a experiência afetiva desejada, proporcionando um toque especial ao cliente desde o primeiro contato com o produto.

3.1.5 Critérios de qualidade e sustentabilidade

No design de produtos, a qualidade possibilita maior previsibilidade nos resultados, facilitando a expansão da

produção e o fortalecimento da identidade da marca. Os critérios estabelecidos pela autora (Quadro 01) permitem o equilíbrio entre forma e função, garantindo que os acessórios *upcycling* não apenas atendam às expectativas estéticas, mas também sejam confortáveis e práticos no dia a dia, consolidando-os como uma alternativa viável e desejável na moda e no design consciente e responsável.

Critério	Descrição	Ideal	Imperfeito
Corte	Limpo, regular e uniforme		
Revestimento	Homogêneo, sem fiapos ou avarias e laterais uniforme		
Montagem	Aderência sem brecha entre os moldes e limpa		

Quadro 01:
Critérios de qualidade.
Fonte: Elaborado pela autora.

Além dos aspectos de qualidade técnica e formal, os acessórios também são avaliados a partir de critérios de sustentabilidade (Quadro 02), selecionados e adaptados pela autora com base nas diretrizes sustentáveis propostas por Pazmino (2007), os quais reforçam o compromisso da marca com práticas

ambiental e socialmente responsáveis.

Critérios de sustentabilidade		
Ambiental	Social	Econômico
Uso de materiais renováveis, recicláveis ou de baixo impacto	Valorização do trabalho manual	Uso de materiais de fácil obtenção e de baixo custo
Mínima geração de resíduos	Valorização dos aspectos sociais, culturais e ambientais	Inovação sustentável: Uso de processos produtivos e tecnologias disponíveis
Incentivo a reutilização e aplicação de valores sustentáveis	Proporcionar a auto-estima do público-alvo	

Quadro 02:
Critérios de sustentabilidade.
Fonte: Elaborado pela autora.

Esses critérios envolvem, prioritariamente, o uso de resíduos sólidos como matéria-prima, tanto para a estrutura dos brincos quanto para seu revestimento, promovendo a circularidade dos materiais (de fácil obtenção e baixo custo) e reduzindo a necessidade de insumos naturais.

Além disso, a redução de perdas ao longo do processo produtivo representa uma prática essencial à minimização de impactos ambientais e econômicos. Por meio de cortes planejados e reaproveitamento de sobras, racionaliza-se o uso dos materiais, aumentando a eficiência do sistema e diminuindo a geração de resíduos secundários. Assim, os critérios estabelecidos incentivam e valorizam os aspectos sociais, culturais e ambientais promovidos pelo design sustentável.

3.2 FASE EXPERIMENTAL

3.2.1 Materiais e tecnologias

A escolha pela tecnologia de corte a laser nesta pesquisa partiu de uma inquietação pessoal da autora, despertada durante sua participação em oficinas e eventos promovidos em espaços makers. Em diferentes ocasiões, ao propor o uso de resíduos cartonados como base para projetos de fabricação digital, a autora se deparou com a ausência de informações técnicas sobre a viabilidade do corte de resíduos nas máquinas a laser. Essa lacuna no conhecimento, aliada à escassez de referências acadêmicas e relatos práticos, impulsionou o desenvolvimento de uma investigação orientada pela experimentação, com o intuito de compreender as possibilidades do corte a laser aplicado a materiais não convencionais.

O corte a laser (acrônimo para *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) é um processo amplamente utilizado na fabricação digital, caracterizado pela remoção precisa de material por meio da emissão estimulada de radiação, movendo-se em um sistema de coordenadas controlado por software (Gerck e Lima, 1997). Este processo destaca-se pela sua alta precisão, velocidade e versatilidade, sendo capaz de realizar cortes detalhados em diferentes substratos, com mínima perda de material e excelente qualidade de acabamento (Dias, 2015; Cidade et al., 2016; Avila et al., 2018).

O acesso a laboratórios de fabricação digital foi fundamental para a realização dos experimentos, sendo eles: Grea3D, vinculado à Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), e Fab Lab Recife. Esses espaços disponibilizam diferentes modelos de máquinas de corte a laser com tecnologia CO²: Cortadora a laser Automatiza (Figura 10a), modelo: DUA 1209 (potência: 220W, área de corte: 1.200mm x 900mm); e

¹ tradução do inglês: amplificação da Luz por Emissão Estimulada de Radiação.

a Cortadora 1310 (Figura 10b)(potência: 100W, área de corte: 1.300mm x 1.000mm).



Figura 10:
Cortadoras LASER.
a) DUA 1209 | b) 1310
Fonte: Google Imagens (2025).

Além dessas, outras ferramentas de corte podem ser empregadas para otimizar a etapa projetual. Entre elas, destaca-se a cortadora a laser de diodo (Figura 11a), uma opção mais compacta que opera segundo o mesmo princípio da CO₂, emitindo um feixe de luz capaz de cortar o material por vaporização ou fusão. Outra alternativa é a cortadora eletrônica Silhouette (Figura 11b), que realiza cortes de alta precisão por meio de lâminas com ângulos de 30°, 45° ou 60°, aplicáveis a uma variedade de materiais. Também podem ser utilizados os furadores de *scrapbook* (Figura 11c), de acionamento manual, geralmente voltados para papelaria. Contudo, seu uso não é recomendado neste estudo, pois a elevada espessura do resíduo cartonado compromete a durabilidade da ferramenta, além de restringir os cortes aos formatos e dimensões disponibilizados pelos fabricantes.



Figura 11:
Máquinas de corte.
a) Cortadora a Laser - Diodo
b) Cortadora Silhouette
c) Furadores de Scrapbook
Fonte: Registrado pela autora.

² A máquina de corte a laser CO₂ utiliza um feixe de laser de dióxido de carbono para cortar e gravar diversos materiais com alta precisão e velocidade.

Os experimentos com corte a laser CO² foram aplicados ao reaproveitamento de resíduos sólidos, sendo um dos pilares deste estudo, com foco na transformação de materiais que, de outra forma, seriam descartados. Logo, a seleção considerou as características dos resíduos que permitissem a criação de peças de alta qualidade, mantendo a integridade estética e funcional dos produtos finais.

Os resíduos cartonados utilizados como matéria-prima base foram provenientes de embalagens longa vida de 1 litro (Figura 12a), comumente utilizadas para acondicionar líquidos alimentícios, como leites e sucos. A escolha desse tipo específico de embalagem levou em consideração dois critérios principais: o tamanho e a aderência do produto armazenado.

Caixas de 1 litro oferecem uma área útil significativamente maior em comparação às versões menores (como as de 395g), que apresentam muitas zonas inutilizáveis devido à presença de dobras, resquícios de cola e deformações estruturais — áreas classificadas nesta pesquisa como não aproveitadas. A Figura 12 ilustra essa distinção entre resíduos aproveitáveis e zonas inutilizadas, bem como a diferença de escala entre os formatos.



Figura 12:
Resíduos cartonados
a) Resíduos selecionados
b) Áreas não aproveitadas
Fonte: Registrado pela autora.

Outra característica determinante na seleção dos resíduos cartonados foi a facilidade de higienização das embalagens. Durante a desmontagem das caixas e análise das camadas internas, observou-se que líquidos de baixa viscosidade, como leite e suco, possuem menor aderência ao material, facilitando a limpeza e evitando alterações de coloração ou desgaste das camadas internas da cartonagem. Já líquidos de alta viscosidade, como extrato de tomate, demonstraram maior resistência à limpeza, deixando resíduos pigmentados e comprometendo o acabamento das peças.

Complementando a estrutura, foram utilizados resíduos têxteis industriais — retalhos e sobras de produção sem avarias — para o revestimento das peças cortadas, garantindo acabamento visual e reforço das superfícies. A combinação entre a cartonagem e o tecido resultou em peças com valor estético, estrutural e simbólico, inseridas em um processo produtivo que prioriza a sustentabilidade, o reaproveitamento de materiais e a experimentação com tecnologias emergentes.

3.2.2 Testes e parâmetros de LASER

Os testes com diferentes combinações de potência do feixe, velocidade de movimentação e distância de focagem são fundamentais para determinar a configuração ideal para cada tipo de material. Os parâmetros são determinantes para o resultado final e requerem, muitas vezes, ajustes empíricos e domínio técnico para alcançar cortes limpos e uniformes. Estes podem variar em decorrência da vida útil do equipamento, que pode ser afetada pela qualidade do

laser, frequência de uso e manutenção adequada do equipamento.

A potência do feixe determina a capacidade de corte. Quanto maior a potência, maior será sua capacidade de corte e a possibilidade de trabalhar com materiais mais densos e espessos. No entanto, potências excessivas podem gerar superaquecimento e queimaduras indesejadas no material. Enquanto potências menores são aplicadas para gravações no material (Gerck e Lima, 1997; Cidade *et al.*, 2016).

A velocidade com que o laser se move pelo material afeta diretamente a eficiência do corte. Velocidades mais altas podem reduzir o tempo de produção, mas, se forem excessivas, podem impedir o corte completo do material. Por outro lado, velocidades muito baixas podem resultar em um corte mais profundo, mas também podem causar superaquecimento e queima excessiva (Gerck e Lima, 1997; Cidade *et al.*, 2016). Assim, é necessário equilibrar a relação entre velocidade e potência para obter o resultado desejado.

Por fim, a distância de focagem também desempenha um papel fundamental (Gerck e Lima, 1997), pois um foco bem ajustado garante um feixe mais preciso e eficiente. Focagens incorretas podem resultar em cortes irregulares e perda de precisão. Dentro desse contexto, realizaram-se testes prévios, detalhados no Quadro 03, para identificação dos parâmetros que atendem às necessidades específicas de cada aplicação.

Testes	DUA 1209			1310		
	Potência	Velocidade	Distância	Potência	Velocidade	Distância
#01	50	50	0.5	40	30	0.5
#02	50	100	0.5	50	30	0.5
#03	80	50	0.5	50	100	0.5
#04	80	100	1.1	70	25	0.5
#05	50	100	0.5	30	100	0.5
#06	80	100	0.5	50	100	0.5
#07	100	100	0.5	70	100	0.5
#08	50	200	0.5	30	150	0.5
#09	30	100	1.1	50	150	0.5
#10	50	100	1.1	70	150	0.5
#11	80	100	1.1	50	400	0.5
#12	100	100	1.1	70	400	0.5
Parâmetro selecionado	80	100	1.1	50	30	0.5

Quadro 03:
Parâmetros utilizados para os testes de cortes.
Fonte: Elaborado pela autora.

Nos testes com a DUA 1209, em uso no laboratório GRE3D desde 2016, observou-se que potências inferiores a 50 não foram suficientes para cortar o material, resultando apenas em sua gravação (Figura 13), mesmo quando combinadas com velocidades baixas (<50), que aumentam o tempo de exposição do feixe ao material. Para que o corte fosse efetivo, foram necessárias potências mais altas (≥ 80), o que, apesar de eficaz, pode comprometer a vida útil do equipamento se não houver manutenção adequada.

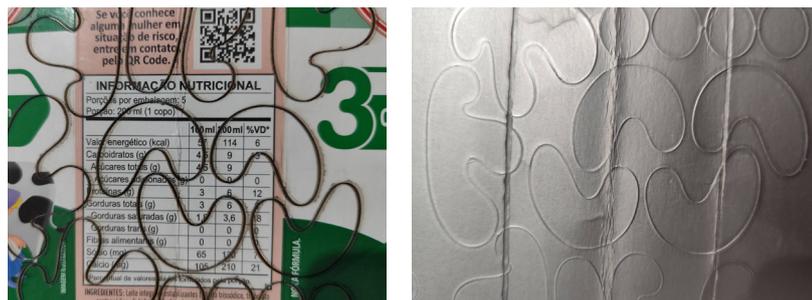


Figura 13:
Testes com potências >50 na DUA 1209.
Fonte: Registrado pela autora.

Na busca por maior agilidade no processo, testaram-se tempos de exposição inferiores a 100 mm/min, mas a alta velocidade com baixa potência também resultou em gravação em vez de corte. Outro fator relevante foi a distância de focagem: com o laser posicionado a 0.5 cm do material e em alta potência, ocorreram queima da camada de papel e deformação da camada plástica, comprometendo o acabamento (Figura 14a). A correção foi alcançada com o uso de um gabarito de distância de 1.1 cm, que permitiu um feixe mais focado, garantindo um corte limpo e preciso (Figura 14b).

Figura 14:
Cortes DUA 1209.
a) Corte irregular
b) Resíduo cortado
Fonte: Registrado pela autora.



Os testes com a cortadora 1310, em uso no Fab Lab Rec desde 2020, produziram resultados mais satisfatórios. O equipamento cortou o material de forma mais eficiente, com potências menores e maior agilidade. Velocidades acima de 40 (entre 100 e 400 mm/min), associadas a potências inferiores a 30, resultaram apenas em gravação do material (Figura 15a). Assim, a calibração foi ajustada para potência 50 e velocidade entre 25 e 30 m/min, resultando no corte efetivo do resíduo.

Figura 15:
Cortes 1310.
a) Teste de parâmetros
b) Resíduo gravado
c) Máquina realizando corte
Fonte: Registrado pela autora.



Os resultados indicam que, embora o equipamento 1209 apresente maior potência, seu desempenho foi inferior ao do modelo 1310. Esse fato sugere que a vida útil do 1209 pode estar comprometida, possivelmente devido a diferentes fatores.

Nos dois equipamentos avaliados, os cortes foram bem-sucedidos; entretanto, verificou-se uma característica específica do material: durante o resfriamento, a camada plástica tende a se fundir novamente ao material, exigindo o desprendimento manual das peças após o processo.



Figura 16:
Comportamento do
resíduo ao corte a laser.
Fonte: Registrado pela autora.

3.2.3 Montagem das peças

A etapa de montagem das peças manteve-se fiel ao processo já consolidado pela marca, não apresentando alterações significativas decorrentes da adoção do corte a laser. Apesar da introdução dessa tecnologia na etapa de desenvolvimento das formas, a montagem continuou sendo realizada integralmente de forma manual, conforme os métodos artesanais descritos anteriormente.

Esta etapa envolveu o revestimento das formas estruturais previamente cortadas com os retalhos têxteis selecionados, união das partes com elementos metálicos (bases de brinco e argolas) e, por fim, a aplicação do acabamento impermeabilizante.

Embora os procedimentos técnicos da montagem não tenham sofrido interferências diretas do uso do corte a laser, os resultados obtidos apontam ganhos substanciais em termos de qualidade na padronização das formas. A precisão geométrica das formas estruturais obtidas por corte digital conferiu maior uniformidade às peças, permitindo encaixes mais precisos, alinhamento simétrico entre as partes e uma melhoria perceptível no acabamento final.

Esse avanço contribui diretamente para o controle de qualidade da produção, sem interferir na identidade estética nem no modo de fazer da marca. A padronização obtida pelo corte a laser, portanto, não substitui a prática artesanal, mas atua como aliada ao aprimorar tecnicamente o ponto de partida da montagem, otimizando o tempo de produção e elevando o nível de acabamento das peças produzidas.

3.3 FASE ANALÍTICA

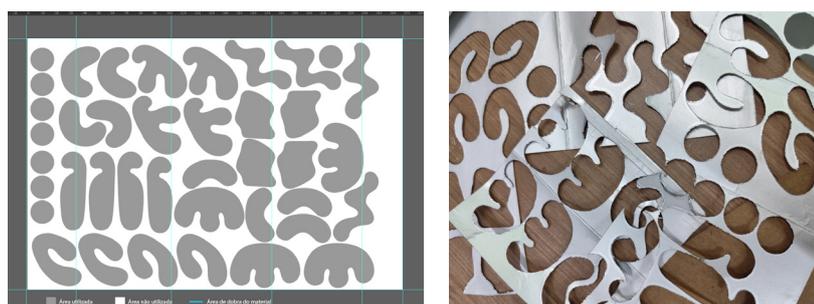
Os experimentos realizados buscaram avaliar o desempenho do corte a laser na produção de acessórios de moda sustentáveis, utilizando resíduos cartonados como matéria-prima. A análise dos resultados concentrou-se em três frentes principais: ganho de tempo, redução de resíduos e precisão no acabamento. Para isso, os critérios de qualidade e sustentabilidade orientaram a seleção de materiais e tecnologias, bem como os testes com diferentes parâmetros de corte.

3.3.1 Aproveitamento de materiais

A fabricação digital possibilitou o encaixe eficaz das formas

estruturais ao resíduo cartonado, diferentemente do processo manual, feito de forma desordenada. A precisão do corte a laser permitiu o aproveitamento máximo das áreas úteis do material, com sobras aptas ao uso, evitando o descarte de grandes porções decorrentes das falhas de corte manual ou dimensionamento incorreto, conforme a Figura 17.

Figura 17:
Encaixe das formas estruturais.
Fonte: Registrado pela autora.



Para mensurar o percentual de aproveitamento do material, foi realizada uma análise digital da imagem contendo as formas estruturais dispostas sobre uma área retangular branca que simula a superfície total do resíduo utilizado. A área total dessa superfície foi definida como sendo de 504 cm², com base em suas dimensões físicas (28 cm × 18 cm).

A análise da imagem no ambiente computacional (ChatGPT-4o), identificou-se que aproximadamente 56,52% da superfície foi efetivamente utilizada para a produção das peças. Isso equivale a cerca de 285,89 cm² de material transformado em produto, restando aproximadamente 218,11 cm² de área não utilizada.

O cálculo foi realizado com base na razão entre a quantidade de pixels ocupados pelas formas e o total de pixels da imagem, que representa proporcionalmente a área física do material. Os dados obtidos foram os seguintes:

- Área total da imagem: 863.716 pixels

- Área ocupada por formas cinza: 488.203 pixels
- Percentual de utilização: aproximadamente 56,52%

Considerando que a área total real do material é de 504 cm², aplicou-se uma regra de três simples para calcular a área ocupada fisicamente pelas formas:

$$\text{Área utilizada (cm}^2\text{)} = \left(\frac{488.203}{863.716} \right) \times 504 \approx 285,89 \text{ cm}^2$$

Ressalta-se que o percentual de aproveitamento do material tende a ser ampliado quando destina-se cada resíduo à produção de uma única forma estrutural. Essa estratégia relaciona-se diretamente ao conceito de *nesting* digital, técnica amplamente utilizada em processos de fabricação digital para otimizar a disposição de geometrias sobre uma superfície, maximizando a densidade de ocupação e reduzindo áreas residuais não aproveitáveis (Kalpakjian e Schmid, 2013).

Segundo os autores, a repetição sequencial e padronizada de uma mesma geometria minimiza a ocorrência de espaços vazios irregulares, frequentemente observados quando diferentes formatos coexistem em um mesmo plano de corte. Nesse sentido, a uniformidade da matriz de corte configura-se como elemento central para a elevação da eficiência de material, reduzindo perdas e ampliando a previsibilidade do processo produtivo.

Na prática, esse método pode ser realizado a partir da digitalização prévia das formas estruturais e do planejamento do corte em softwares de modelagem, que permitem simular diferentes arranjos até a obtenção da configuração mais otimizada possível. Outra alternativa consiste na categorização sistemática das estruturas por tamanho e formato, associando cada fragmento a um modelo específico. Esse procedimento

não apenas potencializa o aproveitamento de insumos, como também amplia a consistência dos processos produtivos.

Sob a ótica do design sustentável, tal abordagem adquire relevância ainda maior. Manzini (2008) destaca que práticas voltadas à redução de desperdício e à revalorização de materiais se inserem em uma lógica de inovação orientada para a sustentabilidade, na qual a eficiência de recursos é um vetor central. Fletcher e Grose (2011), ao tratarem da moda sustentável, reforçam a importância de repensar processos projetuais de modo a integrar estratégias de racionalização de insumos e prolongamento do ciclo de vida da matéria-prima. Nesse contexto, a aplicação do corte a laser aliado ao nesting digital se mostra uma solução convergente com tais princípios, ao possibilitar maior precisão, controle e reaproveitamento do material, fortalecendo práticas alinhadas ao *upcycling*.

3.3.2 Tempo de corte

Além das vantagens em termos de sustentabilidade e precisão formal, a aplicação da tecnologia laser também se destaca pela significativa economia de tempo no processo de fabricação dos brincos. Para demonstrar esse impacto, foi realizado um estudo comparativo entre os tempos gastos na execução manual e digital (via corte a laser) de cinco modelos de peças, conforme demonstrado no Quadro 04.

Modelo	Quant. Moldes	Manual	Digital		Variação
			DUA 1209	1310	
Essencial	16	10m.50s	2m.04s	1m.16s	9m.34s
Extrovertida	8	6m.05s	1m.01s	35s	5m.30s
Eminente	8	3m.54s	48s	29s	3m.25s
Fluído	4	3m.20s	36s	25s	2m.55s
Cômica	4	1m.40s	20s	15s	1m.25s
Total	40	25m.49s ou 1.549s	25m.49s ou 1.549s	3m ou 180s	22m.49s ou 1.369s

Quadro 04:
Dados obtidos com diferentes cortes.
Fonte: Elaborado pela autora.

O corte manual, embora valorizado por seu caráter artesanal, mostrou-se limitado pela baixa padronização e pelo tempo elevado necessário para atingir formas regulares e repetíveis. Em contrapartida, os testes com os equipamentos a laser, especialmente a cortadora 1310, demonstraram que, uma vez ajustados os parâmetros de potência e velocidade, é possível realizar cortes limpos, precisos e repetíveis em tempo significativamente reduzido. Esse desempenho está alinhado ao que Kalpakjian e Schmid (2013) descrevem como a principal vantagem das tecnologias de fabricação digital: a capacidade de unir eficiência produtiva e confiabilidade dimensional.

Os dados de tempo foram registrados em minutos e segundos, para os dois métodos de corte e, posteriormente, convertidos em segundos para viabilizar os cálculos referentes à diferença absoluta de tempo. Considerando o conjunto de peças analisado, a adoção do corte digital a laser reduziu o tempo de execução das peças em aproximadamente 88,39%, em comparação com o processo manual, conforme o cálculo:

$$1.369 \times 100 = \frac{88,39\%}{1.549}$$

Esse ganho representa uma economia total de cerca de 22 minutos e 49 segundos para os cinco modelos analisados. Tal redução reforça a eficiência do corte a laser como ferramenta de otimização da produção artesanal, na medida em que proporciona rapidez, precisão e escalabilidade mesmo em pequenos processos produtivos.

Além disso, a incorporação do corte a laser em contextos artesanais reforça a perspectiva de Manzini (2008), que compreende o design contemporâneo como campo capaz de articular tradição e inovação. Nesse sentido, a tecnologia não elimina o caráter autoral da prática manual, mas atua como mediadora para a otimização do tempo e a ampliação da produtividade, mantendo a qualidade do acabamento e potencializando estratégias de sustentabilidade por meio do uso mais eficiente dos recursos.

3.3.3 Qualidade do produto

O corte a laser possibilitou a obtenção de arestas regulares e limpas, atendendo de forma satisfatória aos critérios de qualidade previamente definidos. Em contraste, os cortes manuais, que apresentaram falhas, irregularidades e assimetrias (Figura 18), confirmam a limitação da execução artesanal em assegurar precisão dimensional. Embora a camada plástica presente nos resíduos cartonados tenha se fundido levemente após o corte, exigindo o destacamento manual das peças, o resultado final foi visualmente superior e demandou menor retrabalho na etapa de acabamento.



Figura 18:

Estruturas de corte digital à esquerda e manual à direita.

Fonte: Registrado pela autora.

O revestimento com resíduos têxteis foi favorecido pela uniformidade das formas, permitindo uma aplicação mais precisa do tecido, sem excesso de cola ou desalinhamentos.

Como consequência, o produto final apresentou acabamento limpo, margens regulares e um aspecto estético sofisticado, preservando, ao mesmo tempo, a identidade artesanal e a estética do *upcycling*. Nesse sentido, observa-se consonância com as reflexões de Fletcher e Grose (2011), que destacam a importância de integrar qualidade estética e sustentabilidade como dimensões indissociáveis do design de moda contemporâneo.

Os resultados demonstram que o uso do corte a laser na produção de acessórios sustentáveis com resíduos cartonados é tanto eficiente quanto viável. Constatou-se o aproveitamento de 56,5% do material, redução de 88,39% no tempo de produção e melhora significativa na qualidade do acabamento. A precisão do corte digital otimizou o uso dos insumos, acelerou o processo e garantiu estruturas mais regulares, favorecendo o revestimento têxtil e elevando o padrão estético das peças, sem comprometer o caráter artesanal, conforme a Figura 19.



Figura 19:
Peças finais.
Fonte: Registrado pela autora.



4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa possibilitou a integração entre tecnologias digitais e práticas artesanais para ampliar as possibilidades de produção na moda sustentável. Os resultados alcançados demonstraram que os objetivos do estudo foram plenamente atingidos, revelando o potencial do corte a laser como ferramenta estratégica para aprimorar o acabamento, otimizar processos e reduzir o desperdício, alinhando-se aos princípios do *Upcycling*.

A análise de peças oriundas de uma coleção-cápsula sustentável garantiu que os resíduos fossem cuidadosamente selecionados para sua transformação em peças de design, reforçando o compromisso com a redução de impactos ambientais. Além disso, as experimentações com corte a laser viabilizaram a definição de parâmetros adequados à transformação do material testado, de modo a atender aos critérios estabelecidos para a produção das peças propostas. Isso possibilitou cortes limpos, regulares e com bom acabamento, otimizando o uso da matéria-prima e minimizando perdas.

A comparação entre os processos manuais e digitais evidenciou diferenças significativas. O corte a laser se mostrou amplamente superior em termos de tempo, precisão e padronização, permitindo maior produtividade com menor esforço físico. Já o corte manual, embora valorizado pelo caráter artesanal, apresentou variações que comprometem a regularidade e aumentam o tempo de produção. A união entre os dois processos, no entanto, revelou-se complementar: o digital otimizando a produção, e o manual mantendo o valor

afetivo e estético da peça.

Com base nesses dados, pode-se afirmar que a pesquisa contribui de forma significativa para o campo do design sustentável e para o desenvolvimento de métodos de produção mais eficientes e éticos. Ao propor uma metodologia que valoriza os resíduos como recurso, sistematiza as etapas projetuais e incorpora tecnologias de fabricação digital sem anular o fazer manual. Este estudo abre, ainda, caminhos replicáveis para práticas mais conscientes e criativas, especialmente no contexto da produção local e independente.

A despeito dos inúmeros aspectos positivos observados, a pesquisa também apresenta algumas limitações. A principal delas está relacionada à dependência de equipamentos específicos, como as cortadoras a laser, que nem sempre estão disponíveis para pequenos produtores ou artesãos fora de ambientes como os espaços makers. Além disso, o estudo concentrou-se em um tipo específico de resíduo, o que restringe, em certa medida, a generalização dos resultados para outros materiais que exijam tratamentos distintos ou apresentem maior complexidade na separação e preparação.

Como desdobramento deste trabalho, sugerem-se novas pesquisas que explorem uma maior diversidade de resíduos sólidos, testando sua viabilidade técnica e estética em processos semelhantes.

Dessa forma, conclui-se que a utilização do corte a laser na produção de acessórios *upcycling* representa não apenas uma inovação técnica, mas também uma alternativa criativa diante dos desafios atuais da moda. A pesquisa reafirma que é possível produzir com consciência ética e consistência metodológica, unindo eficiência, estética e responsabilidade ambiental para a construção de um design de moda significativo, relevante e inovador.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: https://gestaoderesiduos.ufsc.br/files/2014/09/NBR-10004_04_Classifica%C3%A7%C3%A3o-de-Res%C3%ADduos.pdf. Acesso em: 25 abr. 2024.

ÁVILA, Ana Paula; MACIEL, Dulce Holanda; SILVEIRA, Icléia; RECH, Sandra. Os resíduos têxteis sólidos no contexto de abordagens sustentáveis: ciclo de vida, economia circular e upcycling. **Mix Sustentável**, v. 4, n. 3, p. 17-24, out. 2018. Disponível em: <https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/2555/2500>. Acesso em: 3 dez. 2024.

CIDADE, Mariana Kuhl; LIMA, Natasha Fonseca Fernandes; PALOMBINI, Felipe Luis; DUARTE, Lauren da Cunha. Método para determinação de parâmetros de gravação e corte a laser CO₂ com aplicação na joalheria contemporânea. **Design & Tecnologia**, ISSN 2178-1974, v. 6, n. 2, p. 54-64, 2016. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5768566>. Acesso em: 16 dez. 2024.

DIAS, Matheus Borges. **Proposta de desenvolvimento de uma máquina de corte a laser para facilitar a prototipagem**. 2015. 69 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Universidade de Brasília, Brasília, 2015. Disponível em: <https://bdm.unb.br/handle/10483/13610>. Acesso em: 21 nov. 2024.

FLETCHER, Kate; GROSE, Lynda. **Moda & Sustentabilidade: Design para mudança**. São Paulo: Editora Senac, 2011.

GERCK, Edgardo; LIMA, Jorge. **O Corte a laser: da Teoria à Máquina**. 1997. International Seminar “Láseres: usos y aplicaciones industriales”. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/287108885_O_corte_a_laser_da_teorias_a_maquina_tutorial. Acesso em: 5 dez. 2018.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GONZAGA, Liliane da Silva; MENDES, Francisca Dantas. O Designer no Desenvolvimento de Produto e Suas Formas de Gestão na Redução de Resíduos Têxteis. In: BERTOSO, Organizadora Luciana da Silva. **Na Estante da Moda**. 2. ed. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. Cap. 6. p. 59-70.

HARBS, Aline Heloísa Rauh; RECHE, Maryelza Wollinger; IMMICH, Ana Paula Serafini; AGUIAR, Grazyella Cristina Oliveira de; AGUIAR, Catia Rosana Lange de. **Redução da geração de resíduos sólidos gerados por artigos têxteis de vestuário pós-uso**. 2017. 8º Fórum Internacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/REDU%C3%87%C3%83O-DA-GERA%C3%87%C3%83O-DE-RES%C3%8DDUOS-S%C3%93LIDOS%2C-GERADOS-POR-Harbs-Reche/c45390f3614718395fc869096382a126683484e5>. Acesso em: 5 dez. 2018.

IIDA, Itiro; BUARQUE, Lia. **Ergonomia: projeto e produção**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2018.

LANDIM, Ana Paula Miguel; BERNARDO, Cristiany Oliveira; MARTINS, Inayara Beatriz Araujo; FRANCISCO, Michele Rodrigues; SANTOS, Monique Barreto; MELO, Nathália Ramos de. Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil. **Polímeros**, v. 26, p. 82-92. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0104-1428.1897>.

KALPAKJIAN, Serope; SCHMID, Steven R. **Manufacturing Engineering and Technology**. 7. ed. Boston: Pearson, 2013. Disponível em: https://dl.ojocv.gov.et/admin_/book/Manufacturing%20Engineering%20And%20Technology%20Seventh%20Edition%20By%20Steven%20R.%20Schmid%20and%20Serope%20Kalpakjian.pdf. Acesso em 16 jan. 2025.

MARIANI, Beatriz Futlik; MALAGUTI, Cyntia. **Design e artesanato: uma investigação sobre a colaboração contemporânea entre os campos.** Anais do XV Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design - P&D Design, Manaus, jan. 2024. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.29327/5457226.1-184>. Acesso em: 5 jan. 2025.

MANZINI, Ezio. **Design para a Inovação Social e Sustentabilidade: comunidades criativas, organizações colaborativas e novas redes projetuais.** Rio de Janeiro: Ed. UFRJ, 2008. Disponível em: https://instrumentosprojetuais.wordpress.com/wp-content/uploads/2019/02/design-para-inovacca7acc83o-e-sustentabilidade_manzini.pdf. Acesso em 12 nov. 2024.

NUTRIÇÃO PRÁTICA & SAUDÁVEL. **Embalagem transparente pode ser um problema na proteção do alimento.** 18 out. 2018. Disponível em: <http://www.nutricaoopraticaesaudavel.com.br/nutricao-e-saude/protexcao-da-embalagem-contra-luz/>. Acesso em: 7 jan. 2025.

OLIVEIRA, Diego Jucá de Lima. **O uso da Prototipagem e Fabricação Digital no ambiente Fab Lab.** 2016. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Design, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/142793>. Acesso em: 14 fev. 2025.

PAZMINO, Ana Verónica. **Uma reflexão sobre Design Social, Eco Design e Design Sustentável.** International Symposium on Sustainable Design - I Simpósio Brasileiro de Design Sustentável, Curitiba, set. 2007. Disponível em: <https://naolab.nexodesign.com.br/wp-content/uploads/2012/03/PAZMINO2007-DSocial-EcoD-e-DSustentavel.pdf>. Acesso em 19 nov. 2024.

PIRES, Rafaela Blanch; MARTINS, Sérgio Régis Moreira. **Fabricação Digital e Impactos na Produção em Pequena Escala no Campo da Moda: Criatividade, Inovação, Sustentabilidade**

e Inclusão. In: BERTOSO, Organizadora Luciana da Silva. **Na Estante da Moda**. 2. ed. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. Cap. 30. p. 310-323.

QUARESMA, Débora Maria de Macedo; MOURA, Heloisa Tavares de. Design para a sustentabilidade ampla de sistemas produto-serviço: estudo de caso de empresa de design de acessórios de moda em couro. **Estudos em Design**, v. 2, n. 24, p. 66-91, 2016. Disponível em: <https://estudosemdesign.emnuvens.com.br/design/article/view/345>. Acesso em: 9 jan. 2025.

SEBRAE. **Adote práticas para diminuir resíduos na produção de moda**. 2023. Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/adote-praticas-para-diminuir-residuos-na-producao-de-moda,d37cae21e224f410VgnVCM1000004c00210aRCRD>. Acesso em: 18 dez. 2024.

TETRAPAK. **Materiais da embalagem cartonada**. 2020. Disponível em: <https://www.tetrapak.com/pt-br/solutions/packaging/packaging-material>. Acesso em: 7 jan. 2025.

TETRAPAK. **Produtos reciclados de embalagens cartonadas**. 2022. Disponível em: <https://www.tetrapak.com/pt-br/sustainability/focus-areas/circularity-and-recycling/recycled-products#:~:text=Uma%20embalagem%20cartonada%20m%C3%A9dia%20da,est%C3%A3o%20em%20vigor%20em%20escala>. Acesso em: 4 set. 2024.

VEZZOLI, Carlo. **Design para a Sustentabilidade Ambiental: O design do ciclo de vida dos produtos**. Tradução: Marcelo Ambrósio. São Paulo: Blucher, 2023.