

Produção de uma joia com gema polimérica a partir de resíduos de Impressão 3D

Production of a jewel with polymeric gem from 3D Printing waste

Bruna Farencena Dotto, Graduanda, Universidade Federal de Santa Maria.

bruna.dotto@acad.ufsm.br

Felipe Luís Palombini, Prof. Dr., Universidade Federal de Santa Maria.

felipe.palombini@ufsm.br

Mariana Kuhl Cidade, Profª Drª, Universidade Federal de Santa Maria.

mariana.cidade@ufsm.br

Resumo

A joalheria na contemporaneidade tem se voltado para questões sustentáveis, utilizando-se de novos materiais para além dos metais nobres e gemas. Na manufatura aditiva ainda se sofre com problemas de resíduos de impressão e seu descarte. Desse modo, essa é uma oportunidade para o designer ver neste material uma oportunidade de reciclagem e utilização como matéria prima para joias. Nesse sentido, este artigo através de um estudo de caso, tem o objetivo de fundamentar aspectos acerca da joalheria contemporânea e manufatura aditiva, assim como apresentar o processo e resultados da produção de uma joia com gema polimérica feita através de resíduos em PLA de Impressão 3D. Como resultado tem-se peças de alto valor agregado e mercadológico.

Palavras-chave: Joalheria contemporânea; Manufatura aditiva; Reciclagem; RSU.

Abstract

Contemporary jewelry has been focusing on sustainability issues, using new materials in addition to precious metals and gemstones. Additive manufacturing still suffers from problems with printing waste and its disposal. Therefore, this is an opportunity for designers to see this material as an opportunity for recycling and use as a raw material for jewelry. In this sense, this article, through a case study, aims to substantiate aspects about contemporary jewelry and additive manufacturing, as well as to present the process and results of the production of a piece of jewelry with polymeric gemstones made from PLA waste from 3D printing. The result is pieces with high added and market value.

Keywords: Contemporary jewelry; Additive manufacturing; Recycling; MSW.

1. Introdução

Nos últimos anos, um dos grandes problemas enfrentados pelas cidades é a coleta e destinação do lixo, chamado de resíduos sólidos urbanos (RSU). Cada vez mais esta problemática acentua-se mundialmente, onde alternativas como a reciclagem são importantes. Reciclagem é o processo de transformar materiais, alterando suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, transformando-os em insumos ou novos produtos (Brasil, 2010). A reciclagem é de suma importância para projetos de baixo impacto ambiental.

Em 2022 foram produzidas 81,8 milhões de toneladas de lixo, o que corresponde a 224 mil toneladas diárias (Abrelpe, 2022). Ainda segundo a Abrelpe, neste mesmo ano, o país registrou 76,1 milhões de toneladas de RSU coletados, sendo esse valor equivalente a 93% gerado no ano. Desse valor, 61% continuam sendo encaminhados para aterros sanitários, com 46,4 milhões de toneladas sendo enviadas para destinação ambientalmente adequada, enquanto 29,7 milhões de toneladas (39%) continuam sendo levadas para destinações inadequadas (Abrelpe, 2022). Com este panorama, as políticas públicas devem contemplar outras etapas do tratamento de resíduos, pois somente a coleta e destinação existente não é suficiente para manter a valorização destes resíduos (Cidade; Palombini, 2023).

O tratamento de resíduos sólidos urbanos (RSU) no país depende quase unicamente do trabalho de catadores e cooperativas destes (Cidade; Palombini, 2023). Os centros e/ou associações de triagem, que são compostas por trabalhadores de baixa renda, na qual o sustento depende exclusivamente da comercialização de RSU, recebem estes da coleta e transporte a qual cada município se responsabiliza (Cidade; Palombini, 2023). Essas cooperativas são responsáveis pela separação desses resíduos em diferentes categorias como vidro, papel, metal e polímeros (Cidade; Palombini, 2023). Sendo um problema público, as dificuldades atreladas aos materiais encontrados em resíduos são acrescidas ao não investimento em reciclagem e reutilização, também se tornam um desafio para designer, engenheiros, ambientalistas, entre outros (Cidade; Palombini, 2022). O designer, por sua vez, pode atuar através da investigação e identificação de materiais problemáticos e gerar alternativas para diminuir seu desperdício econômico e impacto ambiental (Cidade; Palombini, 2022).

As tecnologias de manufatura aditiva, chamadas popularmente de Impressão 3D, são um grande avanço no campo do design, tanto para que se possa visualizar, como para testar e até mesmo produzir produtos (Santos, 2018). Não apenas no campo do design, mas a popularização de máquinas de baixo custo e projetos de código aberto popularizaram a impressão baseada em extrusão de material, tornando-a mais acessível a vários usuários (Santana *et al.*, 2018). Por consequência disso, é gerado uma significativa quantidade de resíduos de filamentos, principalmente do PLA (Poliácido Láctico), o mais comumente utilizado, pois para que não haja inclinação ao imprimir peças suspensas é preciso, em geral, utilizar estruturas de suporte, que são mais frágeis que a peça e podem ser retirados de maneira manual (Volpato, 2018). Para além dos suportes, as máquinas de Impressão 3D, tendem a se auto limpar na região dos bicos extrusores, quando a necessidade de troca de tonalidade ou composição do material. Nesta autolimpeza, as máquinas purgam uma quantidade de material, os chamados *Flushed Materials*, onde estes, assim como os suportes, acabam se tornando em resíduos.

Apesar do PLA ser tecnicamente biodegradável (Lefteri, 2013; Santana *et al.*, 2018; Gonzaga, 2021), é preciso que seja compostado em condições muito específicas de temperatura e umidade para que possa se decompor. Além disso, mesmo em um processo de degradação em condições adequadas, o PLA se transformará em partículas menores, chamadas de microplásticos, os quais poderão liberar químicos nocivos ao ambiente. Caso seja descartado de maneira indevida, ou seja, em lixos comuns que acabam em aterros sanitários, ele continuará

com suas propriedades físico-químicas iguais (Tolinski, 2011). Portanto, esse trabalho tem como objetivo, através de um olhar multidisciplinar pautado na joalheria contemporânea, estudar maneiras de reciclagem desse material para posterior uso em uma joia.

2. Joalheria contemporânea

Desde seus primórdios, o ser humano produz artefatos com a finalidade de ornamentação, revelando sua criatividade e tendo cada época representada por símbolos, assim dando destaque para a dimensão estética do mundo material (Gola, 2008). Segundo Hesse (2007), a primeira joia que se sabe surgiu a partir de materiais da natureza que foram coletados por sua beleza ou por curiosidade do coletor. A joia é um bem simbólico que tem uma longa história de comunicar expressões sociais e pessoais (Cappellieri; Tenuta; Yavuz, 2017).

A joia ressignificou seu conceito de objeto de luxo, de algo nobre, com gemas, diamantes e ouro, para algo criativo, com diferentes processos, conceitos, materiais inusitados e constante inovação, ligando-se às tendências da atualidade, ao mercado de moda e design (Mostardeiro; Oderich; Cidade, 2019). Além disso, há utilização de materiais inusitados aliados a metais nobres, com alto nível de acabamento e refinamento, compondo uma joia (Mostardeiro; Oderich; Cidade, 2019). A nova joia contemporânea abarca novos valores imateriais para além dos materiais nobres (Cappellieri; Tenuta; Yavuz, 2017).

De acordo com Skinner (2013), o termo joia contemporânea é o balanço de inúmeros significados como a ênfase no fazer artístico do seu criador, e práticas que criam interações entre as pessoas ou que intervêm na vida contemporânea. Para Cappellieri, Tenuta e Yavuz (2017), a preciosidade de uma joia, hoje, é avaliada pelo prazer, experiência e emoções que essa pode trazer, as pessoas não compram mais apenas produtos, elas compram significados, que podem ser manipulados, recriados e inovados pelo design.

O uso de resíduos em joias contemporâneas aumentou depois da década de 1980 (Zhou; Fang, 2017). Materiais alternativos e inovadores, como resina poliéster, acrílico, madeira, borracha e outros, são aliados a metais nobres, conferindo aos objetos um conceito novo e contemporâneo (Gola, 2028; Cidade; Palombini, 2022). Ao longo das décadas houveram muitas transformações na joalheria, designers continuam usando metais nobres e gemas como essência da joia, mas renovando, reinventando e experimentando com novos materiais, técnicas e conceitos, mesclando processos tradicionais, industriais e tecnológicos (Cidade *et al.*, 2016; Cidade; Palombini, 2023).

Designer de joias estão tentando mudar a impressão de joias para além do ouro, prata e materiais nobres ao usar materiais mais sustentáveis, com tentativas de construir uma linguagem conceitual para as joias de uma forma construtiva (Zhou; Fang, 2017). É trabalho dos designers buscar novas formas de dar valor a esses materiais uma vez descartados e desvalorizados, muitas vezes problemáticos, em produtos de alto valor agregado como joias (Cidade; Palombini, 2023). Para exemplificar na atualidade (Figura 1), podemos citar Lynne MacLachlan[®], que produz “joias contemporâneas esculturais e coloridas” impressas em 3D e manualmente tingidas (Figura 1A), Poppy Norton[®] que mistura prata com acrílico para criar peças coloridas e únicas (Figura 1B), e Eclectic Artisans[®] que, através do uso de polímeros, cria visuais únicos em suas alianças para casamento ao aliar o material ao ouro (Figura 1C).

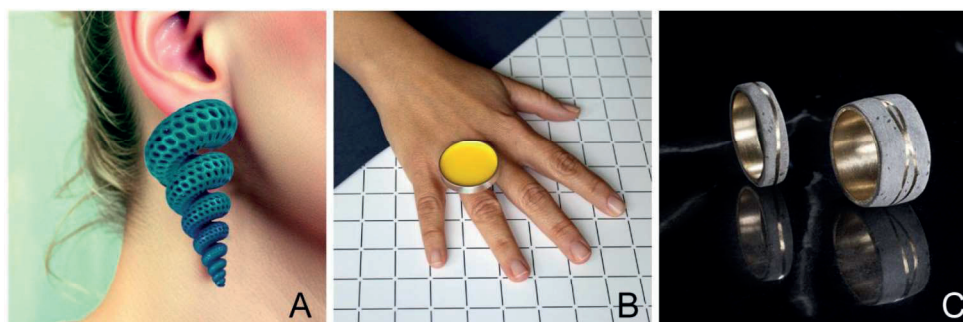


Figura 1: Exemplos de Joalheria Contemporânea, onde em (A) é exemplificado um brinco em resina tingida, (B) um anel e (C) alianças em ouro e polímero. Fonte: Lynne Maclachlan (2024), Poppy Norton (2024) e Eclectic Artisans (2024).

3. Resíduos de manufatura aditiva

A manufatura aditiva (AM) é um processo de fabricação onde o material é adicionado em camadas, sucessivamente, através de informações recebidas através de um modelo 3D gerado por computador (Volpato; Carvalho, 2018). Quando comparado aos modelos tradicionais de fabricação, sua construção ocorre de modo relativamente rápido e de maneira automatizada, além de permitir a materialização de componentes físicos em diversos tipos de materiais e formas devido ao seu processo de adição de material (Volpato; Carvalho, 2018).

Segundo Santos (2018), a disseminação da AM no design se deu a partir dos anos 90, após a exposição *Not Made by Hand Not Made in China*, do israelense Ron Arad, no qual apresentava uma linha de produtos feitos inteiramente em impressão 3D. Com os resultados da exposição, designers passaram a testar a nova tecnologia e sua liberdade geométrica. Um dos primeiros joalheiros brasileiros a trabalhar com manufatura aditiva em joias foi Antônio Bernardo, que no ano de 2000 imprimiu anéis em resina para fundição (Santos, 2018). A possibilidade de concretizar seus próprios produtos e de materializar geometrias complexas são dois dos grandes atrativos que refletem na vasta utilização da tecnologia da impressão 3D no design, na engenharia e arquitetura, e em áreas da saúde, como odontologia (Santos, 2018).

Os filamentos de PLA são muito populares entre os entusiastas da impressão 3D, sendo possível encontrá-los em uma grande variedade de cores e serem mais fáceis de imprimir que outros materiais como o ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno) e TPU (Termoplástico Poliuretano), por exemplo (Santana *et al*, 2016). Devido à sua comercialização em grande escala, 370 mil toneladas de PLA foram produzidas somente no ano de 2017 (Gonzaga, 2021). Este material apresenta um crescimento de produção anual de 10% a 15%, enquanto os polímeros convencionais apresentam crescimento de 3,5% a 4% (Gonzaga, 2021).

O PLA é um biopolímero que pode ser extraído da batata, milho e cana-de-açúcar e é disponível com diversos fornecedores e marcas (Lefteri, 2013). Faz parte da família dos poliésteres alifáticos, ou seja, de cadeias químicas acíclicas e é um termoplástico semicristalino, podendo ser translúcido em seu estado sólido, biocompatível e biodegradável, atóxico, com boa processabilidade térmica e propriedades reológicas (Santana *et al*, 2016). Para a American Society for Testing and Materials (ASTM), um polímero para ser considerado biodegradável ele precisa que sua degradação ocorra a partir da ação de microrganismos como fungos, bactérias e algas, sob condições favoráveis de umidade, temperatura e pH (Gonzaga, 2021).

Algumas das características do PLA incluem o fato de sua matéria prima ser renovável anualmente, possuir baixo nível de odores, ser compostável, possuir boa limpeza, boa

consistência e bom acabamento de superfície, apesar de possuir pouca durabilidade (Lefteri, 2013). O PLA é um polímero bastante versátil, podendo ser processado em diversas técnicas-padrão como extrusão, injeção em moldes, termomoldagem e calandragem (Lefteri, 2013). No mercado, existem vários fabricantes nacionais e internacionais, onde cada um delimita em suas especificações a temperatura de fusão, em torno de 190° C a 230° C, e dimensão do filamento, de 1,75 mm ($\pm 0,02$ mm), conforme o material.

4. Desenvolvimento do projeto

Para este projeto utilizou-se a metodologia de Cidade e Palombini (2023), de forma adaptada, seguindo as etapas de definição do problema, objetivos, pesquisa e materialização, como exemplificado na Figura 2. Todas as etapas foram realizadas com a utilização da infraestrutura do Laboratório de Inovação e Sustentabilidade em Design (NOVA Lab), da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Para o desenvolvimento das gemas poliméricas, foram utilizados os resíduos de Impressão 3D, tanto materiais de suportes como de limpeza do cabeçote, de projetos realizados ao longo de dois semestres no laboratório.

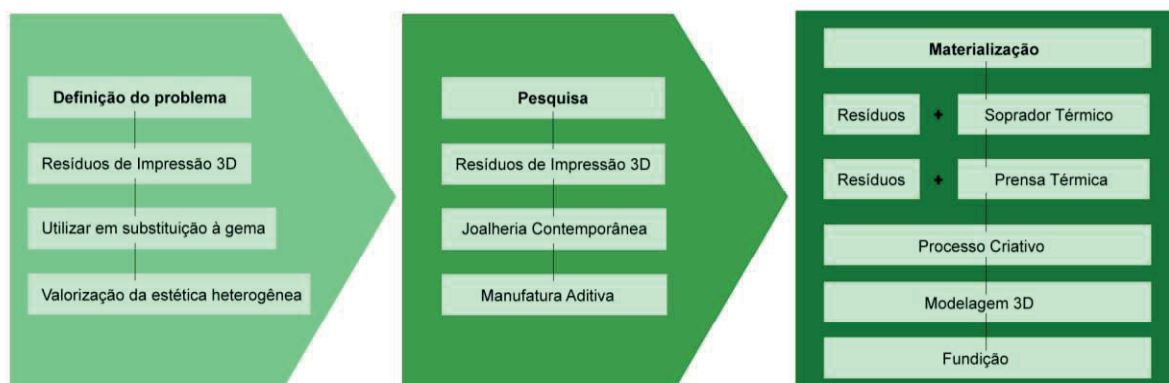


Figura 2: Etapas do projeto. Fonte: Autores (2025).

4.1. Processo de experimentação com resíduos

Após as definições do problema, dos objetivos e da pesquisa, partiu-se para a etapa de materialização. Para isso, primeiramente foi realizada a coleta dos resíduos de PLA e estes foram selecionados por tamanho, tonalidade e formato, como mostra a Figura 3.



Figura 3: Resíduos utilizados. Fonte: Autores (2025).

Com a separação dos resíduos, foram escolhidos como moldes para o processo os cortadores em aço inox do ramo da confeitaria, com os quais serão desenvolvidos os testes com o PLA. Estes variam com diferentes formatos e dimensões de 3,2 cm a 6,5 cm, aproximadamente. Para o processo de derretimento dos resíduos de PLA selecionados, utilizou-se dois métodos de experimentação, com soprador térmico, delimitado de testes 1, 2 e 3 e prensa com aquecimento, testes 4, 5 e 6, ambos com temperatura variando em torno de 180° C a 200° C. Para todos os testes, utilizou-se nas paredes internas dos moldes de metal um desmoldante aplicado com pincel, para facilitar a retirada do resíduo polimérico. Para o teste 1 com soprador (Figura 4), com o auxílio de uma pinça de ponta fina, os resíduos do material foram ajeitados dentro do molde, conforme é exemplificado na Figura 4 A. Após os resíduos foram aquecidos com o auxílio do soprador (Figura 4 B) e estes foram sendo derretidos, conforme o formato do molde (Figura 4 C). Para este teste 1, observou-se que os resíduos não preencheram totalmente a cavidade do molde, sendo preciso alocar melhor o material posteriormente.

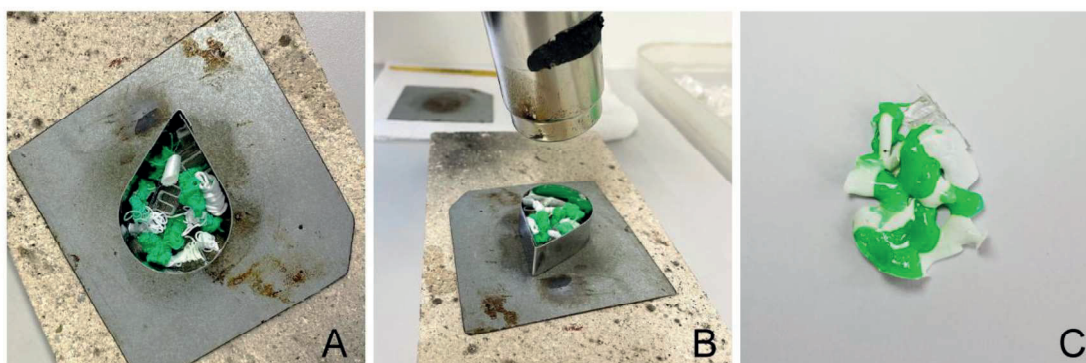


Figura 4: Teste 1 com o soprador térmico e resultado, onde (A) é a seleção de filamentos antes do derretimento, (B) durante o derretimento e (C) o resultado. Fonte: Autores (2025).

Para resolver o que foi observado, no teste 2 (Figura 5) foi utilizado mais material para preencher o molde, chegando quase até o topo. Após, foi realizado o mesmo procedimento de aquecimento do teste 1 (Figura 5 A), resultando em uma peça um pouco mais uniforme, conforme a Figura 5 B.

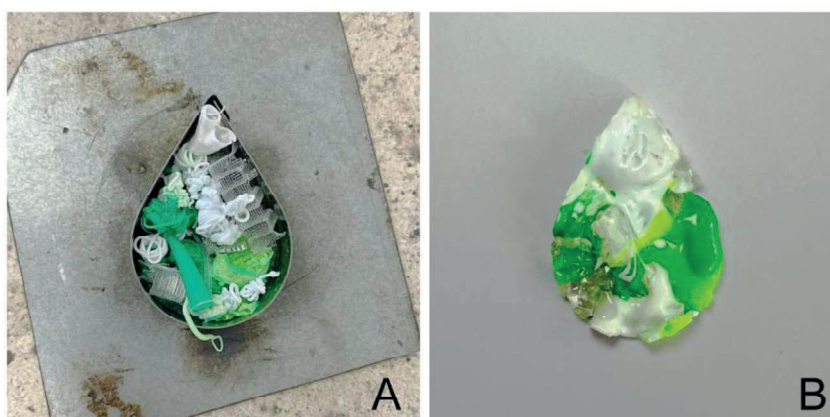


Figura 5: Teste 2, onde (A) antes do derretimento e (B) o resultado. Fonte: Autores (2025).

Já no teste 3 (Figura 6) foi realizado o mesmo procedimento do teste 2, porém foi acrescentado mais material após o primeiro derretimento. Com isso, foi colocado a primeira leva de material (Figura 6 A), adicionado calor por alguns minutos até o derretimento total,

acrescido mais material e adicionado mais calor por alguns minutos até o derretimento uniforme desses novos resíduos (Figura 6 B).

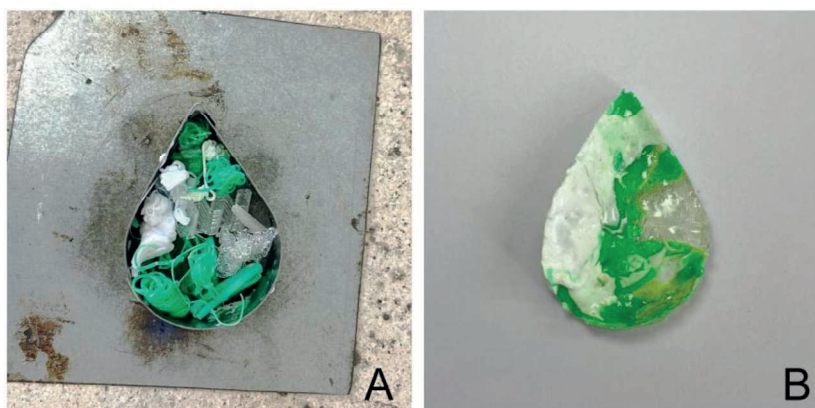


Figura 6: Teste 3, onde (A) posicionamento de filamentos e (B) o resultado. Fonte: Autores (2025).

Nestes testes foi possível observar que os materiais provenientes de suporte de impressão têm a tendência de maior derretimento, portanto eles se reduzem mais com o calor em comparação aos *Flushed Materials* expelido pela própria máquina. Por esta razão, foi realizada uma nova coleta de materiais, dessa vez somente com os materiais de limpeza para uma averiguação maior.

Para realizar os testes com a prensa térmica da marca Zezimaq, modelo Tecasa, com temperaturas variando de 50° C a 320° C, foi preciso o auxílio de duas placas de metal, os moldes de aço inox, um alicate e uma pinça de ponta fina. Para todos os testes, denominados de 4, 5 e 6, a prensa foi pré-aquecida por 20 minutos a uma temperatura de 200° C antes de começarmos os testes. O teste 4 (Figura 7) foi realizado no molde em formato de flor e com o auxílio de uma pinça e de alguns materiais provenientes de suporte de impressão, houve a tentativa de fazer um padrão em formato circular com o uso do PLA, como é possível ver na Figura 7 A. Com o auxílio das placas de metal, o molde foi colocado na prensa por cinco minutos e então retirado, com a mesma temperatura delimitada no pré-aquecimento, de 200° C (Figura 7 B). O material inicialmente colocado não foi o suficiente, então foi adicionado mais material e o molde foi colocado novamente na prensa por mais cinco minutos.



Figura 7: Teste 4, onde (A) são os resíduos, (B) prensagem, e (C) o resultado. Fonte: Autores (2025).

É possível perceber na Figura 7 C que mesmo com a adição de mais material, devido às naturezas curvilíneas do molde e a heterogenia do material, não foi possível alcançar todos os cantos do molde. Foi ainda preciso o auxílio da pinça para “empurrar” o material ainda quente em alguns pontos para que chegassem aos cantos.

Para o quinto teste foi escolhido um molde mais angular e também se evitou material de suporte, dando preferência aos *Flushed Materials*. Assim como no teste de número quatro, foi adicionado material, colocado o molde na prensa por cinco minutos, retirado, adicionado mais material, recolocado na prensa por mais cinco minutos e então retirado. É possível perceber através da Figura 8 que o resultado foi mais satisfatório e homogêneo, não havendo a necessidade de intervenção com a pinça.

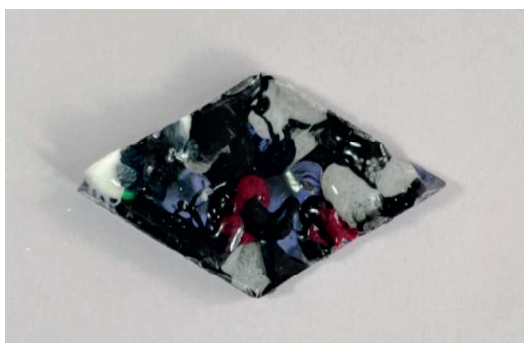


Figura 8: Resultado do teste 5. Fonte: Autores (2025).

Para o último teste (Figura 9) foi utilizado o mesmo molde que nos testes com o soprador térmico e feito o mesmo procedimento que nos testes anteriores. Nesse, optou-se por utilizar apenas dois pedaços de suporte, enquanto o restante dos materiais utilizados foi de *Flushed Materials* (Figura 9 A), que foram alocados no molde com o auxílio de uma pinça de ponta fina de modo que as cores ficassem distribuídas de forma harmônica ao longo da extensão.

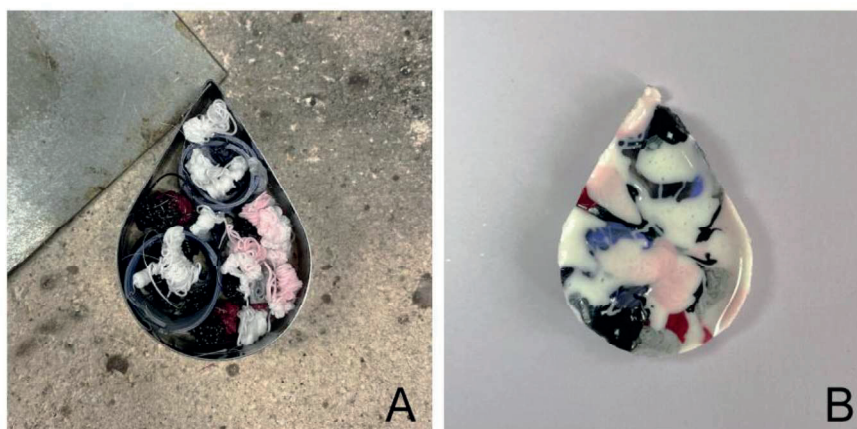


Figura 9: Teste 6, onde (A) são os resíduos e (B) o resultado. Fonte: Autores (2025).

O molde foi colocado na prensa a 200° C por cinco minutos, retirado, adicionado mais *Flushed Materials*, recolocado na prensa por mais cinco minutos e depois retirado. Na Figura 9 B é possível observar o melhor resultado de todos os seis testes, pois houve um derretimento mais homogêneo dos materiais, resultando em uma gema polimérica mais bem acabada e visualmente mais polida. Pôde-se notar uma melhor qualidade no derretimento do material do

teste 6 e também uma maior homogeneidade no resultado com a utilização da prensa térmica quando comparado ao soprador térmico. Com esta análise, portanto para o desenvolvimento do projeto da joia, foi utilizado o método da peça polimérica resultante do teste 6, em prensa aquecida. Cabe ressaltar ainda, que para todos os testes realizados neste artigo, foram utilizados 34,3 gramas de resíduos de PLA, distribuídos entre 6 peças poliméricas.

4.2. Fabricação da joia

Após os testes, começou-se o processo criativo através do qual se escolheria a peça a ser fabricada. Além da peça produzida em PLA derretido, a joia foi fabricada em prata 950. O uso da prata se dá tanto pelo seu custo mais baixo, quanto pela sua agregação de valor em ascensão, que passa a ser associada ao conceito de contemporaneidade e diversidade, além de permitir ilimitadas soluções formais, criativas e inovadoras de modo acessível e viável a mais consumidores (Cidade *et al.*, 2016). O processo criativo começou, então, com a análise dos moldes de aço inox disponíveis e as possibilidades de criação através das formas, seguido pelo início de geração de alternativas. Utilizou-se também dos próprios testes e suas formas obtidas através do derretimento do material para a obtenção de desenhos abstratos que pudessem ser usados na criação de peças. Levando estes aspectos em consideração e pelas dimensões resultantes das peças poliméricas, delimitou-se a criação de um pingente.

Após a escolha da alternativa final, foi fabricada, através do método da prensa térmica, uma nova peça polimérica para ser utilizada como uma espécie de gema na joia. Para essa gema a prensa foi pré-aquecida a 200°C por 20 minutos. Os *Flushed Materials* foram alocados no molde escolhido com o auxílio da pinça de ponta fina, o molde colocado na prensa por cinco minutos, retirado, verificado o estado do derretimento, recolocado na prensa, aquecido por mais cinco minutos e retirado novamente. Foi preciso adicionar mais material nas partes que faltaram com o auxílio da pinça, o molde foi levado mais uma vez à prensa por cinco minutos e retirado. O resultado da gema polimérica pode ser conferido na Figura 10.



Figura 10: Gema polimérica final. Fonte: Autores (2025).

Após o processo de experimentação e desenvolvimento das gemas de PLA, foi modelado com o auxílio do *software* 3D Rhinoceros®, a joia com seus materiais. Nesta etapa, foram definidos as espessuras e dimensões da parte metálica, Ag 950, e como seria o encaixe da parte polimérica. Na Figura 11, é exemplificado algumas imagens da peça final modelada (Figura 11 A e B) e o local onde será encaixado a gema (Figura 11 C). Com a modelagem e as definições, a peça passou pelo processo de Usinagem CNC em cera e fundição. Na Figura 11 D é mostrado

a joia usinada em cera e posterior montagem da árvore (Figura 11 E), para após ser fundida em Prata 950 (Figura 11 F).

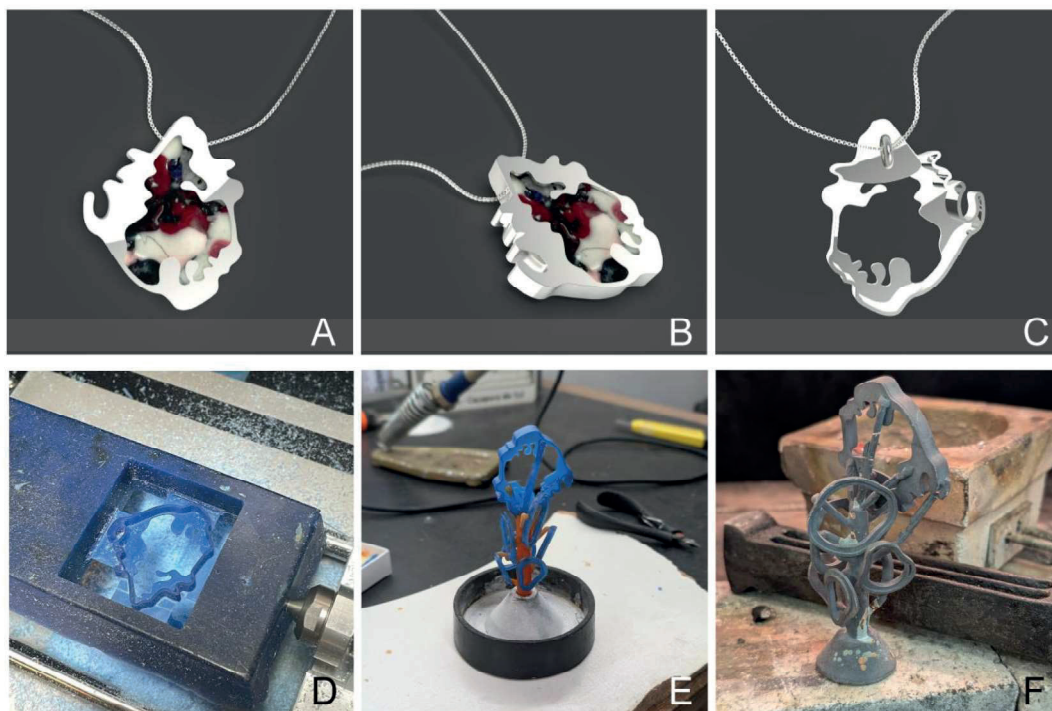


Figura 11: Modelagem 3D e fundição, onde em (A), (B) e (C) são as definições de projeto; (D) usinagem CNC, (E) árvore em cera para ser fundida e (F) árvore em metal. Fonte: Autores (2025).

Após a fundição da peça, foram feitos os processos de acabamento e finalização, com limas, lixas de granulometrias de 400, 800 e 1200 e polimento na politriz, para posteriormente acoplar a gema polimérica na joia. O pingente finalizado com a gema inserida é demonstrado na Figura 12 (A, B e C). Com a joia finalizada, foi adicionado um cordão de camurça preto de 3mm de espessura para prender ao corpo como adorno.

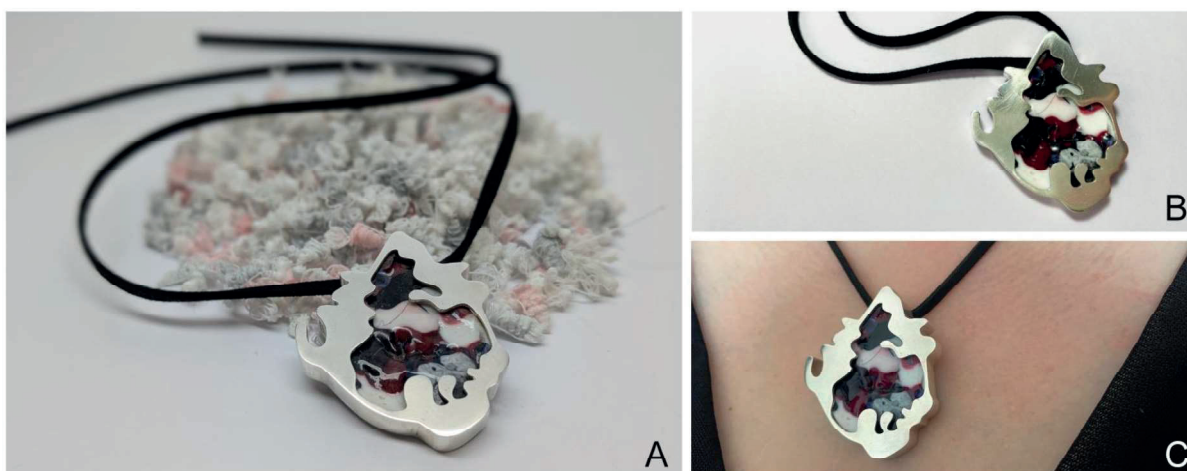


Figura 13: Joia finalizada. Fonte: Autores (2025).

5. Considerações Finais

Na joalheria contemporânea, o conceito de joia foi ressignificado de apenas um objeto com materiais nobres para algo mais moderno, tecnológico e sustentável. O consumidor final passou a estar mais atento ao que consome, focando-se mais em questões como sustentabilidade. Com isso, o uso de materiais recicláveis, como RSU, é uma alternativa no design de joias contemporâneas, não apenas pelo seu apelo ambiental, mas pelo seu apelo visual e de singularidade. O PLA é considerado o filamento de impressão 3D mais utilizado em impressoras de código aberto, seja pela sua facilidade de impressão em comparação a outros materiais no mercado, pelo seu preço atrativo ou também por ser um material biodegradável proveniente de fonte renovável. Apesar dessa característica de biodegradabilidade, se não compostados, seus resíduos de suportes de impressão e *Flushed Materials* ainda são um problema como RSU, contudo o design, principalmente a joalheria contemporânea, pode oferecer maneiras criativas de reciclar o material. Tendo em vista o escopo proposto para o trabalho, considera-se que esse artigo foi satisfatório em apresentar a proposta, bem como o desenvolvimento de uma joia com gema polimérica através de resíduos de PLA provenientes de Impressão 3D. O uso desse material para a joalheria contemporânea se mostrou uma alternativa possível, pois além de prolongar o ciclo de vida do material, é também uma solução visual interessante devido ao seu apelo estético único e heterogêneo.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação – PIBITI/CNPq/UFSC. Trabalho apoiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, por meio do Chamada CNPq/MCTI Nº 10/2023 – UNIVERSAL, e pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul – FAPERGS, por meio do Edital FAPERGS 09/2023 – Programa Pesquisador Gaúcho – PqG.

Referências

- ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2022**. São Paulo: ABRELPE, 2022.
- SKINNER, D. **CONTEMPORARY JEWELRY IN PERSPECTIVE**. Disponível em: <https://artjewelryforum.org/library/contemporary-jewelry-in-perspective/>. Acesso em: 29 out. 2024.
- BRASIL, 2010. **Lei no 12.305 de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências, Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF.
- CAPPELLIERI, A.; TENUTA, L.; YAVUZ, S. U. The Role of Design for the Brand Identity of Jewellery. In: COSTE-MANIÈRE, Ivan; GARDETTI, Miguel Ángel. **Sustainable luxury and jewelry: Environmental Footprints and Eco-design of Products and Processes**. 1. ed. Singapore: Springer, 2021. cap. 12, p. 253 - 260.
- CIDADE, M. K.; PALOMBINI, F. L.; LIMA, N. F. F.; DUARTE, L. DA C. Método para determinação de parâmetros de gravação e corte a laser CO2 com aplicação na joalheria contemporânea. **Design e Tecnologia**, v. 12, p. 54–64, 2016. DOI: <https://doi.org/10.23972/det2016iss12pp54-64>
- CIDADE, M. K.; PALOMBINI, F. L. Design de joias: proposição de metodologia para ensino voltado ao mercado joalheiro. **Design e Tecnologia**, v. 12, n. 24, p. 57–72, 7 set. 2022. DOI: <https://doi.org/10.23972/det2022iss24pp57-72>

CIDADE, M. K.; PALOMBINI, F. L. **Projetos experimentais com materiais problemáticos no ensino de joalheria**. ENSUS 2023, Florianópolis, v. 11, n. 1, jun./2023.

ECLECTIC ARTISANS. **METEOR RING | WIDE**. Disponível em: <https://eclecticartisans.com/collections/meteor-ring-wide/>. Acesso em: 5 nov. 2024.

GOLA, E. **A JOIA: história e design**. São Paulo. Editora Senac, 2008.

GONZAGA, G. L. **Comportamento da biodegradação de amostras de PLA natural e pigmentado obtidas por impressão 3D**. São Bernardo do Campo, 2021. 83 p. Dissertação (Mestrado em Mecânica) - Centro Universitário FEI, São Bernardo do Campo, 2021.

HESSE, R. W. **Jewelrymaking through history: an encyclopedia**. Westport, Connecticut, USA: Greenwood Press, 2007.

ZHOU, Y.; FANG, X. **International conference on sports, arts, education and management engineering** (SAEME 2017), 2017, Shenyang, China. ANAIS [...]. [S. l.: s. n.], 2017. Disponível em: <https://www.atlantispress.com/proceedings/saeme-17/25880398>.

TAKAMITSU, H. T.; MENEZES, M. S. **International fashion and design congress**, 2º., 2017, Milão, Itália. Proceedings [...]. [S. l.: s. n.], 2014. Disponível em: <http://ftp.sdum.uminho.pt/pub/Ebooks/9788864930275.pdf>.

LEFTERI, C. **Materiais em Design**. São Paulo: Blucher, 2017.

LYNNE MACLACHLAN. **Statement shell earrings**. Disponível em: <https://lynnemaclachlan.co.uk/products/statement-shell-earrings>. Acesso em: 5 nov. 2024.

MERCALDI, M. A.; MOURA, M. Definições da joia contemporânea. **Moda e palavra**, Florianópolis, ed. 19, p. 53 - 67, 12 nov. 2024. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/5140/514054176005/>.

MOSTARDEIRO, M. E. S.; ODERICH, A. L.; CIDADE, M. K. Desenvolvimento de joia mediante a reciclagem de vidros e processos de fabricação multidisciplinares. **Plural Design**, v. 2, n. 1, p. 69–79, 29 jan. 2019. DOI: <https://doi.org/10.21726/pl.v2i1.85>

PALOMBINI, F. L.; CIDADE, M. K. Lixo Invisível: Contribuição do Design para Recuperação de Materiais Problemáticos. **MIX Sustentável**, v. 9, n. 1, p. 17–26, 22 dez. 2022. DOI: <https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2023.v9.n1.17-26>

PETTERSSON, A. Craft in the Age of Digital Reproduction: a Research into Digital Reproduction and its Aesthetics. **Journal of jewellery research**, Loughborough University, v. 2, n. 1, p. 77-93, fev./2019.

POPPY NORTON. **Circle ring in silver with acrylic inlay**. Disponível em: <https://www.poppynorton.com/rings/circle-ring-in-silver>. Acesso em: 5 nov. 2024.

SANTANA, L. *et al.* **Avaliação da composição química e das características térmicas de filamentos de PLA para impressoras 3D de código aberto**. CONEM 2016, Ceará, v. 9, n. 1, ago./2016.

SANTANA, L. *et al.* Estudo comparativo entre PETG e PLA para Impressão 3D através de caracterização térmica, química e mecânica. **Revista matéria**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 04, jun./2018.

SANTOS, R. **Joias - fundamentos, processos e técnicas**. São Paulo: SENAC, 2013.

TOLINSKI, M. **Plastics and Sustainability: Towards a Peaceful Coexistence between Bio-based and Fossil Fuel-based Plastics**. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc., 2011.

VOLPATO, N. **Manufatura aditiva**. 1. ed. São Paulo: Blücher, 2017.