

Joias inovadoras: As camadas da Impressão 3D na Joalheria Moderna

Innovative jewelry: The layers of 3D printing in modern jewelry

SANTOS, Beatriz Ruthes dos; Graduando; Instituto Federal de Santa Catarina

beatrizruthes@gmail.com

PISTORELLO, Roberto Angelo; Mestre; Instituto Federal de Santa Catarina

roberto.pistorello@ifsc.edu.br

Resumo

As tecnologias de manufatura aditiva, também conhecidas como impressão 3D, avançam rapidamente e têm impactado de forma significativa o mercado joalheiro, tanto nacional quanto internacional. Assim, este trabalho tem como objetivo apresentar como a manufatura aditiva está sendo utilizada como ferramenta para a fabricação de joias, e como isto pode influenciar no processo de projeto e fabricação de novos produtos neste ramo do design. Para tal, foi realizada pesquisa bibliográfica exploratória, trazendo parte da história das joias no Brasil e contextualizando o mercado interno hoje em dia. Em seguida explora-se a manufatura aditiva, destacando os diferentes processos, materiais, e *softwares* utilizados para a impressão de joias. A pesquisa também apresenta casos relevantes de joias produzidas com o auxílio desta tecnologia. Por fim, discute-se as implicações e perspectivas da impressão 3D na joalheria, enfatizando seus benefícios e desafios.

Palavras Chave: manufatura aditiva; joias; inovação.

Abstract

Additive manufacturing technologies, also known as 3D printing, are developing at a rapid pace and have had a significant impact on the jewelry market, both nationally and internationally. The aim of this article is therefore to present how additive manufacturing is being used as a tool for making jewelry, and how this can impact the process of designing and manufacturing new products in this field of design. To this end, exploratory bibliographical research was conducted, covering part of the history of jewelry in Brazil and contextualizing the internal market today. It then explores additive manufacturing, highlighting the different processes, materials and software used to print jewelry. The research also presents relevant cases of jewelry produced with the aid of this technology. Finally, it discusses the implications and prospects of 3D printing in jewelry, emphasizing its benefits and challenges.

Keywords: additive manufacturing; jewelry; innovation.

1. Introdução

A manufatura aditiva, popularmente conhecida como impressão 3D, permite a criação de formas antes inviáveis pelos processos de fabricação tradicionais. O avanço da tecnologia nas últimas décadas tem permitido aos designers desenvolverem e reproduzir fielmente uma peça a partir de um arquivo digital com auxílio dos programas CAD/CAM. No entanto, a introdução da tecnologia no processo produtivo não garante inovação ou vantagem, mas pode ser uma ferramenta forte quando acompanhada de outras pesquisas sobre consumo, design, fatores sociais, ambientais, políticos, entre outros.

No caso da joalheria, a previsão de tendências pode ser um instrumento superior no suporte dos projetos de design (LOY et al., 2023) e, quando aliada à impressão 3D, consegue entregar ótimos resultados estéticos e simbólicos. Fialkowski et al. (2018) afirmam que “a aceitação da inovação pelo consumidor dependerá menos da tecnologia empregada e mais da experiência significativa que será ofertada”. Neste cenário, o designer fica encarregado, além do desempenho e estética de um produto, dos aspectos intangíveis do mesmo que podem proporcionar uma experiência significativa.

Desta forma, o objetivo deste trabalho é apresentar como a manufatura aditiva está sendo utilizada como ferramenta para a fabricação de joias no Brasil e no mundo, e como isto pode influenciar no processo de projeto e fabricação de novos produtos neste ramo do design. Pretende-se descrever as principais tecnologias de impressão 3D disponíveis atualmente para o mercado de joias e apresentar os diferentes processos, materiais e programas utilizados pela indústria nesta área. Além disso, o trabalho expõe, de forma resumida, os aspectos históricos da joalheria no Brasil e contextualiza o mercado de joias nacional e internacional, pelo escopo da manufatura aditiva. Assim, é possível compreender as possibilidades de crescimento do mercado com a aplicação desta tecnologia para o design de joias.

O trabalho torna-se relevante uma vez que a utilização da Manufatura Aditiva pode contribuir para a produção em grande escala de joias com geometrias complexas, reduzir o tempo de entrega e os custos envolvidos, e possibilitar a fabricação de peças exclusivas e personalizadas, que não seriam possíveis de se obter utilizando os métodos tradicionais de fabricação.

A introdução e discussão deste tema são pertinentes para marcas nacionais interessadas em investir em inovação e tecnologia. Além disso, a pesquisa possui um valor social significativo ao destacar a importância do investimento na educação e capacitação de novos profissionais, promovendo o desenvolvimento do design nacional e a inserção do país no mercado internacional.

O método do trabalho caracteriza-se por uma pesquisa básica, com o intuito de compreender como se encontra o mercado de Manufatura aditiva na área de joias. Para isso, foi realizada uma pesquisa exploratória e bibliográfica utilizando-se principalmente de livros físicos e digitais, assim como artigos de revistas especializadas, eventos científicos e normas técnicas.

2. Referencial teórico

2.1 Breve história da joalheria no Brasil

Para compreender de maneira mais aprofundada o cenário atual da joalheria no Brasil, torna-se essencial analisar a história e a origem desses objetos no contexto nacional. A trajetória da joalheria revela, além da evolução de design nas peças, a progressão cultural, econômica e social do país, mostrando as marcas de períodos históricos e as influências das diversas culturas que formam,

até hoje, a identidade brasileira.

O Brasil já possuía uma cultura ornamental muito rica, bem antes da colonização portuguesa. Os povos originários (ou povos indígenas) confeccionavam acessórios carregados de símbolos e significados, que eram cuidadosamente produzidos e muito apreciados. Os objetos possuíam penas e plumas coloridas, contas de conchas, sementes, presas de animais, couros, fibras vegetais, madeiras, pêlos e outros elementos encontrados na natureza, como conta Santos (2003). É possível realizar paralelos em relação ao papel social e simbólico das peças de adorno para os indígenas e os europeus na mesma época. Ambos atribuíam aos objetos um valor de status, utilizavam-nos para marcar eventos significativos e cerimônias, além de oferecê-los como presentes em momentos de celebração.

Muito mudou com a chegada dos portugueses no Brasil em 1500. As joias vieram junto com seus usuários nos navios, e conforme a colonização se espalhava, mestres, artesão e ourives se instalavam no continente. A partir do Século XVII a produção joalheira “brasileira” começou a se diferenciar das originárias de Portugal, fazendo uso de materiais locais e introduzindo técnicas da cultura original do Brasil. Neste momento também aconteceu o descobrimento do ouro, da prata e das pedras preciosas. Mesmo com as mudanças e descobertas, as joias mantiveram seu papel na sociedade da época, sendo produzidas apenas para uso das famílias dos senhores de engenho e dos burgueses enriquecidos, ou ainda como “joias para a escravaria”, que eram usadas pelos escravos durante festas e eventos para demonstrar tamanha riqueza das famílias. (SANTOS, 2003).

O século XVIII foi o auge da exploração de recursos como ouro, prata e pedras preciosas, mudando as bases da economia brasileira e fazendo-se necessária a instalação de forte controle das atividades mineiras. Foram introduzidas normas de fiscalização da mineração, taxação de compra, venda e transporte de matéria prima e de produtos, início do registro de marca, leis sobre cópia e reprodução de design de joias, além da prestação de contas à metrópole. Concomitantemente foram criados alvarás que proibiam a difusão do ofício, controlando e taxando os artesãos legais e proibindo mulatos, negros ou índios, mesmo que livres, de exercerem o trabalho de ourives.

Aproveitando o período de abundância de materiais e as novas regras em vigor, chegaram os primeiros ourives e prateiros vindo das missões religiosas portuguesas. As peças de joalheria tomaram forma de objetos sacros e decorativos como resplendores, cruzes, cálices, âmbulas, turíbulos, navetas, alfaias de prata, entre outros. (SANTOS, 2003).

Com a promessa de crescimento do mercado, grande parte da população foi atraída a sair do litoral e ir para o interior do país, com o objetivo de trabalhar com a mineração do ouro e pedras preciosas ou ainda nas áreas administrativas, que também migrou para facilitar a fiscalização.

Em 1762 o Brasil colônia é elevado a Vice-Reino de Portugal, e o Rio de Janeiro se torna o novo centro político e administrativo. Foram anos representados pelo crescimento das cidades, tanto em infraestrutura quanto em população. Reformas e melhorias urbanas permitiram que artesãos e profissionais autônomos exercessem suas atividades, e o crescimento econômico instiga os ricos comerciantes e senhores de fazenda a construírem mansões e igrejas. A maior parte das joias ainda são utilizadas pela elite brasileira e nobres portugueses, que ocupavam cargos administrativos. Este progresso se intensifica com a chegada da corte da Coroa Portuguesa a partir do século XIX, que trouxe consigo hábitos e costumes importados da Europa, que influenciaram a moda, conduta e estilo de vida local. Poucos anos depois, em 1822, D. Pedro declara a independência dando início ao Primeiro Reinado brasileiro (1822-1831).

O final do século XIX foi marcado pelo fim do Império e instauração da República, que trazia novas ideias e mudanças às estruturas políticas, econômicas e sociais. Com a abolição da

escravatura em 1888, e o grande fluxo de estrangeiros chegando ao Brasil, deu-se início ao processo de industrialização e modernização do país.

No início do século XX a população é de quase um milhão de habitantes, e a heterogeneidade social é cada vez mais acentuada. O Rio de Janeiro se mantém como capital da jovem República, e é o principal porto de importação e exportação do país. A partir de 1900 é percebido novos padrões de consumo, introduzidos por meio das revistas modernas importadas, inauguração da primeira emissora de rádio nacional em 1923, e popularização do cinema. Estes novos hábitos mostravam a força da globalização e davam a sensação de modernidade, mas também acentuava o atraso na infraestrutura urbana e as desigualdades sociais.

Na mesma época, em São Paulo, aconteceu a Semana de Arte Moderna, que propunha a valorização da cultura e criação artística brasileira. Este movimento veio como forma de contrapor a estética e ideias que estavam sendo importadas da Europa e dos Estados Unidos, e contou com a participação de Anita Malfatti, Di Cavalcanti, Ferrignac, Zina Aita, Mário de Andrade, Martins Ribeiro, Oswald Goeldi, Regina Graz, Oswald de Andrade, entre outros artistas e intelectuais majoritariamente paulistas. (MACHADO, 2022). Como todo movimento de contracultura, o evento não foi muito bem recebido pelos intelectuais conservadores da época. Além disso, não teve grande repercussão nacional, mas foi um marco importante de início de uma nova era na cultura brasileira.

Os anos seguintes foram movidos por muitas mudanças políticas e crescimento econômico, com projetos de tornar o país em uma potência industrial. Marcado por períodos de ditadura e revoltas sociais, a arte, cultura e comportamento foram se moldando com a história. Em 1963 é fundada a primeira escola de Desenho Industrial do Brasil, no Rio de Janeiro, com o objetivo de suprir as demandas da indústria nacional. Com o crescimento do design nos anos seguintes, outros treze cursos de graduação em Design Industrial surgiram no país entre 1971 e 1975. Este desenvolvimento foi financiado por capital externo, e logo o país entrou em recessão devido às dívidas. A inflação dos anos 80 acentuou novamente as desigualdades sociais, afetando tanto a produção quanto o consumo de bens.

A joalheria nacional, desde 1920, se inspira nos modelos de produção e estéticos Europeus e Estadunidenses. O design das peças é predominante clássico e tradicional, com a utilização de ouro amarelo, vermelho ou branco, prata, pedras preciosas tradicionais como rubi, safira e esmeralda, e pedras preciosas brasileiras como ametista, topázio imperial, turmalina, citrinos, etc. Guiados pelos catálogos e revistas de lançamento das grandes grifes internacionais, os ourives e artesãos brasileiros reproduzem e adaptam os modelos para o público interno.

2.2 Contextualização do mercado de joias nacional atual

Segundo GASPERINI et al. (2010), a indústria de luxo tem crescido muito nos últimos anos, e o Brasil se encontra entre os dez maiores mercados de luxo no mundo. Este crescimento mostra o potencial exportador do país, e explora o mercado de produtos de design com alto valor agregado, incluindo joias.

Em 2022 o mercado brasileiro de luxo movimentou R\$74 bilhões, e a previsão é que cresça de 6% a 8% até 2030, com potencial de R\$133 bilhões de faturamento, como indica Moura (2023). O estudo também mapeou a parcela de consumidores deste mercado no Brasil, formada majoritariamente por pessoas com alto poder aquisitivo, que em 2014 somavam cerca de 730 mil pessoas, em 2022 são 1,3 milhão, e a estimativa é que chegue a 1,5 milhão em 2030. Destes, a maioria são homens (92%), com mais de 50 anos de idade (75%), que vivem no Sudeste (80%). Mas

a massa consumidora se encontra nas regiões Sudeste e Sul, e é equilibrada entre mulheres (52%) e homens (48%) de todas as idades, com destaque entre 25 e 34 anos (31%).

O estudo analisa as principais demandas do público consumidor de produtos de luxo, e traz os seguintes temas:

Hiper personalização: busca por propostas de valor personalizadas para atender às preferências fragmentadas dos consumidores e de micro nichos, incluindo recompensas personalizadas por lealdade e reconhecimento do compartilhamento de dados;

Sortimento adequado: produtos com os quais os clientes se importam (origem, exclusividade, inovação etc.), cujo objetivo é impactar positivamente comunidade e meio ambiente, com um senso de propósito com valores compartilhados com os grupos de consumidores;

Acesso onipresente: possibilidade de conduzir a experiência de compra em qualquer lugar, do modo que for mais conveniente, sem atrito, de formas confiáveis e seguras on-line, off-line e omnicanal;

Conveniente e rápido: serviços sob demanda com vários pontos de contato e opções de atendimento. Cuidado com transparência, rastreabilidade e disponibilidade de informações oportunas e acessíveis sobre as especificações e diferenciais dos produtos para realizar as melhores escolhas;

Humanização: interações compassivas e calorosas para equilibrar a automação, utilizando a gamificação para gerar maneiras interativas de entreter, educar, inspirar e envolver.

Os resultados mostram a importância da tecnologia para ampliar este mercado, desde sua utilização para desenvolvimento de novos produtos e serviços, até a otimização de processos e relação com os consumidores.

2.3 Manufatura Aditiva

A impressão 3D é o termo popularmente utilizado para denominar alguns processos mais comuns de Manufatura Aditiva. A Manufatura Aditiva (MA) pode ser definida como o procedimento para fabricação de peças a partir da união de materiais camada a camada a partir de um modelo tridimensional digital, ao contrário das metodologias subtrativas e formativas (ASTM, 2021), consideradas processos tradicionais de fabricação.

Atualmente existem diversas tecnologias de Impressão 3D disponíveis no mercado, com diferentes características e funções para garantir o melhor resultado nas diversas aplicações, desde peças aeroespaciais até itens de joalheria. De acordo com a norma ISO/ASTM 52900:2021(E) (ASTM, 2021) que define os fundamentos e vocabulário para a MA, os processos são categorizados de acordo com a maneira que ocorre a união de camadas, sendo eles: jateamento de material, fusão em leito de pó, adição de lâminas, fotopolimerização em cuba, jateamento de aglutinante, deposição com energia direcionada, extrusão de material. Existem outras formas de classificação dos processos de MA, como por exemplo, o estado físico do material utilizado (sólido, líquido, pastoso) e a característica física do material (*pellets*, filamento, pó, lâmina). (VOLPATO et al, 2017).

Cada processo de MA engloba diversas tecnologias diferentes que utilizam o mesmo princípio para a construção das camadas. Geralmente cada fabricante define uma nomenclatura para a sua tecnologia, desta forma, diferentes tecnologias e equipamentos surgiram ao longo dos anos.

2.3.1 Tecnologias de Manufatura Aditiva

Diferentes equipamentos exigem diferentes níveis de experiência e controle do ambiente para fazer a utilização correta e garantir bons resultados, mas o conceito por trás do funcionamento é praticamente o mesmo entre elas, ou seja, todas trabalham com sobreposição de camadas, através de diversos mecanismos de união de material.

Na categoria de processos de Fusão em Leito de Pó são utilizadas as tecnologias de *Direct Metal Printing* e *Direct Metal Laser Sintering* (DMP ou DMLS) (Figura 1). É associada a fabricação de produtos, componentes e ferramentas em metal de alta precisão. Entre suas vantagens estão rapidez, custo e qualidade de impressão, sendo utilizada principalmente na indústria aeroespacial e automotiva.

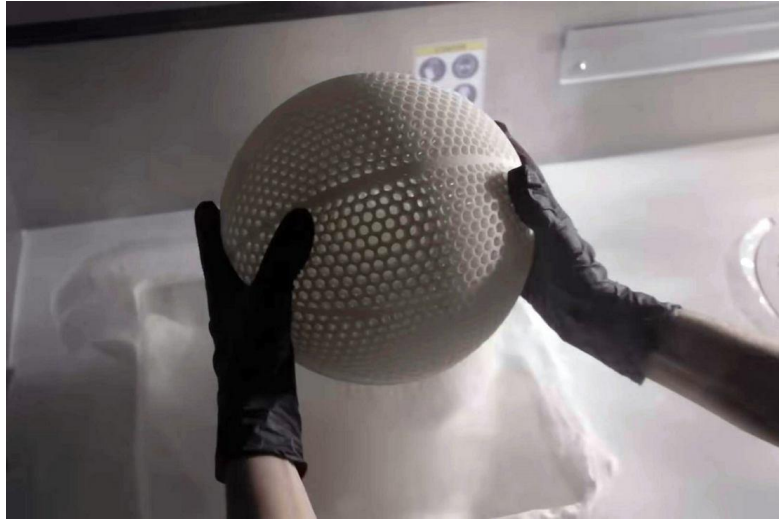
Figura 1 – Processo com tecnologia Direct Metal Laser Sintering (DMLS).



Fonte: www.protolabs.com

Dentro deste grupo se encontram também os equipamentos de Sinterização Seletiva a Laser (SLS), que utilizam lasers de alta potência para sinterizar ou unir materiais em pó fino em uma estrutura sólida. Adequadas para protótipos complexos e peças de uso final. Possibilita impressão com diversos materiais, incluindo nylon, cerâmica, metais e polímeros, atendendo a diversas necessidades como alta durabilidade, resistência ao calor e ao impacto, alongamento na ruptura, possibilidade de cargas de vidro ou alumínio, retardante de chamas, compatível a materiais para uso médico, resistência química e certificação ISO 10993 para contato com alimentos. A primeira bola de basquete fabricada por manufatura aditiva utilizou este processo (Figura 2).

Figura 2 – Airless Gen1, primeira bola de basquete sem ar, produzida com impressora de Sinterização a Laser (SLS).



Fonte: www.wilson.com

Ainda utilizando metais, a tecnologia *Electron Beam Melting* (EBM) (Figura 3) é semelhante às tecnologias anteriores, mas utiliza um feixe de elétrons para o derretimento do material ao invés do laser de CO₂. Traz bastante estabilidade mecânica, alta densidade da peça e boa velocidade de impressão, mas existe grande possibilidade de distorção da peça final devido à alta temperatura de processamento.

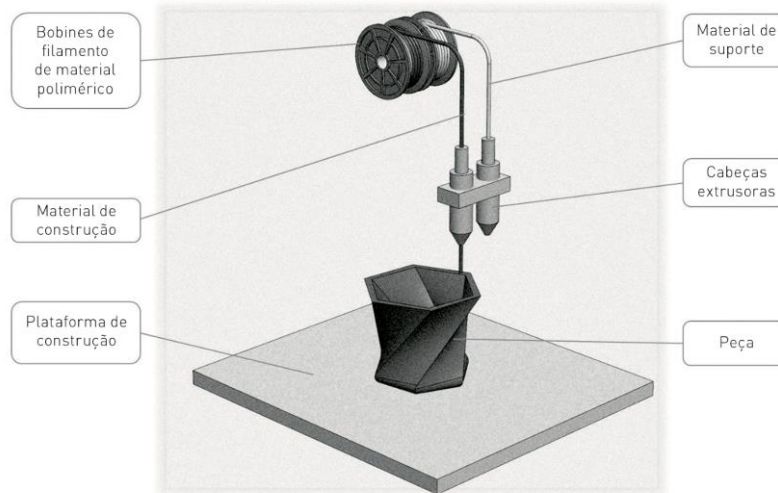
Figura 3 – Processo de Impressão com tecnologia Electron Beam Melting (EBM).



Fonte: www.pro-beam.com

Nos processos de Extrusão de Material destaca-se a tecnologia de Modelagem por Fusão e Deposição (*Fused Deposition Modeling - FDM*). Foi a precursora desta tecnologia, e pode ser considerada a forma mais conhecida de impressão 3D ainda hoje. Possibilita trabalhar com diversos filamentos poliméricos, e constrói os objetos por camadas (Figura 4). No Brasil é a forma mais econômica de impressão, mas o acabamento das peças pode ser um fator negativo para alguns usos.

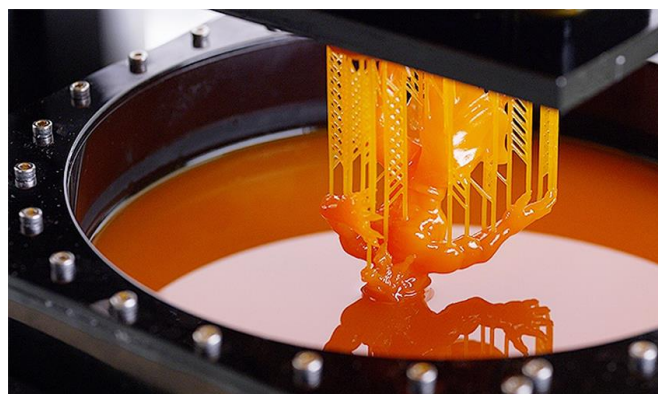
Figura 4 – Esquema da tecnologia Fused Deposition Modeling (FDM).



Fonte: SILVA et al (2023).

A tecnologia de Estereolitografia (SLA) (Figura 5) também é pioneira, mas em processos de foto polimerização em Cuba. Utiliza um laser que seletivamente cura uma resina fotossensível e é também uma das formas mais conhecidas e populares de Impressão 3D. Tem compatibilidade com uma ampla variedade de resinas poliméricas líquidas e opera com o mínimo desperdício de material, inclusive em modelos volumosos. Um ponto a ser considerado é o ambiente em que serão feitas as impressões, precisa ter boa ventilação e, para garantir bons resultados, o ideal é que a temperatura e umidade sejam controladas, visto que o resultado da impressão diretamente ligado a estas condições. Além disso os processos posteriores à impressão, de lavagem e cura das peças, são obrigatórios.

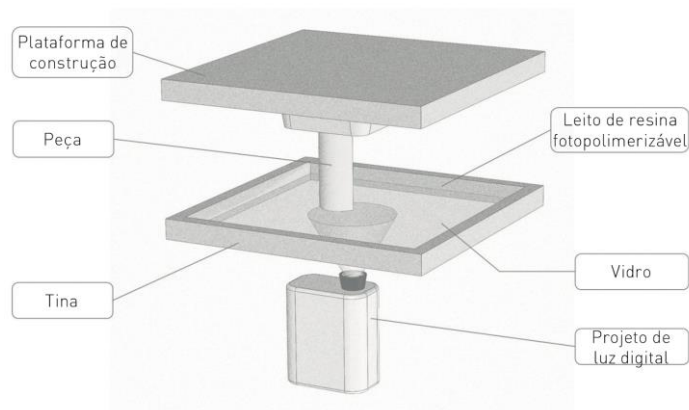
Figura 5 – Impressão de peça com tecnologia de Estereolitografia (SLA).



Fonte: www.3dnatives.com

Uma variante desta tecnologia é o *Digital Light Processing (DLP)*, muito semelhante à tecnologia SLA, mas, em vez de laser, utiliza um projetor de luz que projeta uma máscara ou imagem, para realizar a cura da resina na cuba (Figura 6). Isso possibilita que a camada seja construída de uma só vez, resultando em construções mais rápidas. Este é o processo mais utilizado na produção de joias por oferecer um ótimo acabamento de superfície e precisão das peças.

Figura 6 – Esquema da tecnologia Digital Light Processing (DLP).



Fonte: SILVA et al (2023).

A tecnologia *MultiJet Printing* (MJP ou MJF), um processo de Jateamento de Material, oferece tempos de impressão rápidos, fácil operação e precisão fiel ao CAD, com alta resolução de detalhes. Trabalha com materiais avançados de polímeros, elastômeros, compostos e cera, para produzir peças de alto desempenho como modelos conceituais, protótipos funcionais, padrões de fundição, ferramentas rápidas, gabaritos, dispositivos e aplicações médicas (Figura 7). É um processo muito utilizado na fabricação de modelos que serão utilizados no processo de fundição, porém os equipamentos têm maior custo do que os equipamentos DLP.

Figura 7 – Peças impressas com tecnologia MultiJet (MJP).



Fonte: ECS Singapore

2.3.2 Materiais utilizados na tecnologia DLP

A escolha do material é importante para garantir que o resultado da impressão seja satisfatório. Principalmente na joalheria, é fundamental levar em consideração as propriedades físicas e químicas, a fim de evitar interações indesejadas com o corpo humano, meio ambiente, e outros materiais. Assim como as características visuais, nível de detalhamento desejado, possibilidade de pós-processamento, tempo de impressão, preço e quantidade de material, entre outros.

As resinas líquidas para Impressão 3D conseguem reproduzir formas definidas e nítidas, pontas afiadas, hastes lisas e detalhes finos de superfície. Ideal para modelos de teste, peças para fundição, mestres para moldes, e até peças prontas para uso.

Segundo a Formlabs (2024), empresa que desenvolve e fabrica tecnologias de impressão 3D, as resinas mais utilizadas para joalheria são as resinas de cera fundíveis. Com diferentes porcentagens de cera, garantem fácil fundição e baixa expansão, com queima limpa e sem pós-cura. É capaz de imprimir designs suaves e altamente detalhados, capturando características complexas e oferecendo acabamento de superfície liso (Figura 8).

Figura 8 – Detalhe de anel impresso com resina de cera fundível.



Fonte: www.formlabs.com

A *Standard Resin* possui cor cinza característica (Figura 9), que ajuda a destacar os detalhes finos do modelo. É a mais utilizada para prototipagem de joias pela facilidade de impressão e manuseio, bom custo-benefício, e ótima para ajustes personalizados de baixo custo antes da fundição.

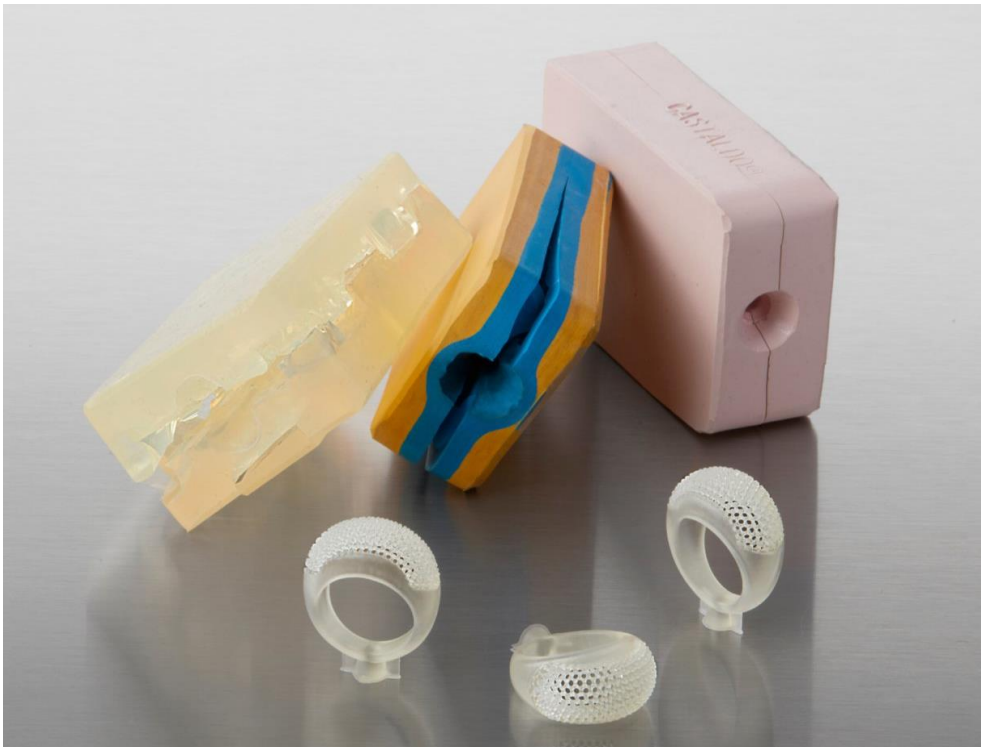
Figura 9 – Detalhes de anel impresso com resina Standard.



Fonte: www.3dprintingservices.co.nz

A resina de alta temperatura (*High Temp Resin*) foi desenvolvida para trabalhar com os moldes de borracha vulcanizada, que são bastante utilizados pela indústria de joias (Figura 10). Oferece alta estabilidade térmica, com temperatura de deflexão térmica (HDT) a partir de 238 °C a 0,45 MPa. Por ser resistente ao fluxo de ar quente, gás e fluido, é uma boa opção para moldes e inserções. (FORMLABS, 2024)

Figura 10 – Aneis impressos com resina de alta temperatura.



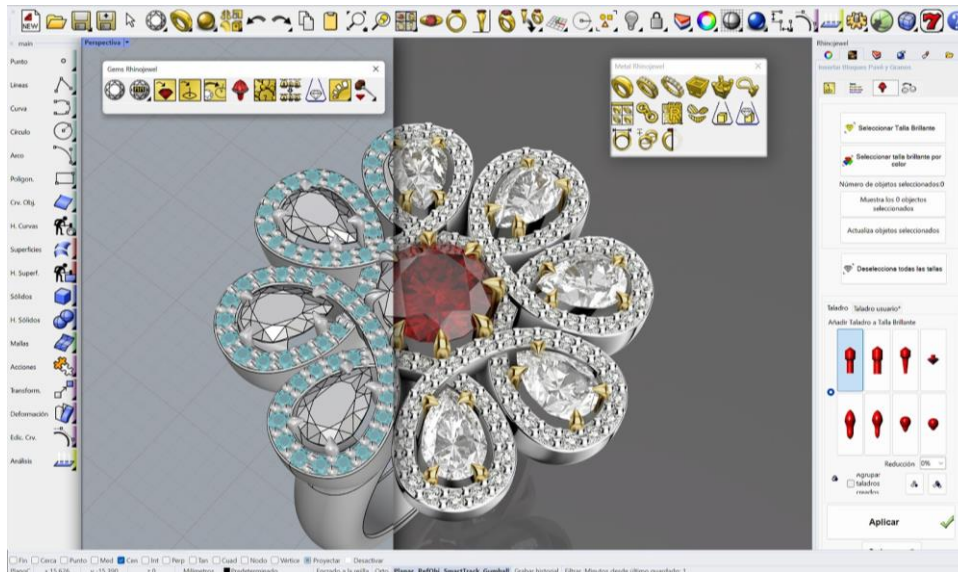
Fonte: www.formlabs.com

Ao trabalhar com impressão em resina é importante estar atento as características do material e parâmetros de impressão, que variam de acordo com diversos fatores. Além disso são necessários equipamentos para pós-processamento, como a lavagem das peças e pós-cura, que muitas vezes são obrigatórios para a finalização das peças.

2.4 Programas utilizados no projeto de joias

Atualmente há uma grande variedade de programas CAD e de criação 3D livre, desenvolvidos para as mais diferentes aplicações. Na categoria de programas para modelagem de joias que dependem de licença paga, podem ser citados o *Rhino Gold*, que utiliza modelagem *NURBS* (*Non Uniform Rational Basis Spline*) de geometria precisa. O programa oferece medição de propriedades e massa, garante renderização avançada em tempo real, e possui *plug-ins* de modelagem padrão industrial com outras plataformas do setor, além de oferecer materiais de treinamento e suporte. Da mesma empresa existe o *Rhino Jewel* (Figura 11), uma versão com aplicação à indústria de luxo, com foco na aplicação de contas e pedras preciosas, semelhante ao *Matrix Gold* (*Gemvision*) que facilita modelagem de formas orgânicas e conta com uma biblioteca de modelos editáveis.

Figura 11 - Modelagem 3D de joia utilizando *Rhino Jewel*



Fonte: www.rhinojewel.com

Outro software que se encontra nesta categoria é o *3Design* (Figura 12), que está há mais de 20 anos no mercado e conta com interface “amigável e profissional” que se assemelha ao ambiente de um joalheiro em sua bancada de trabalho, mas sem perder a precisão da modelagem CAD. O *3DShaper* é um módulo do *3Design*, utilizado para a criação de formas orgânicas livres e detalhadas.

Figura 12 - Modelagem 3D de joia utilizando *3Design*



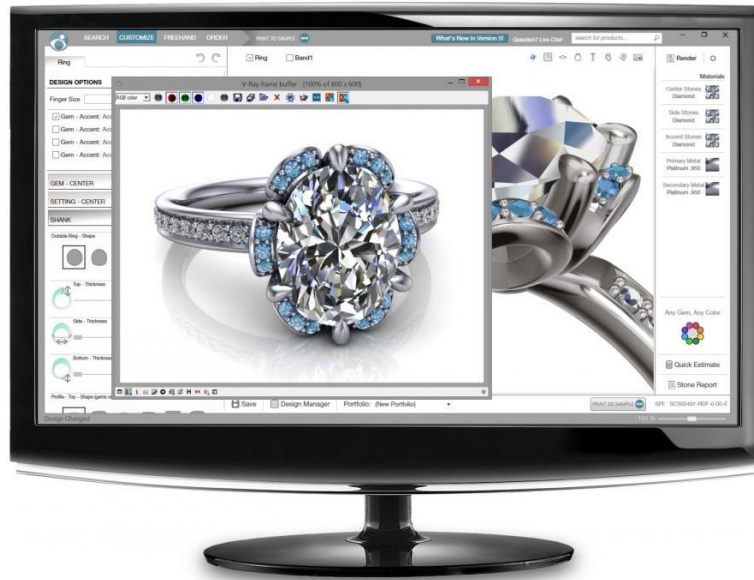
Fonte: www.fable.com.hk

Softwares semelhantes que também podem ser utilizados são o *Firestorm CAD*, desenvolvido por Jack Meyer, especialista e educador em CAD CAM de joalheria. Além dos recursos de modelagem 3D de joias, possui muito conteúdo educacional, tutoriais, cursos e até aulas particulares.

O *Countersketch* traz uma proposta diferente, com biblioteca de peças 3D editáveis que

permitem que designer e cliente alterem o modelo no programa. O diferencial é o serviço de fabricação e envio da joia diretamente para o cliente, tudo encomendado através do mesmo software (Figura 13).

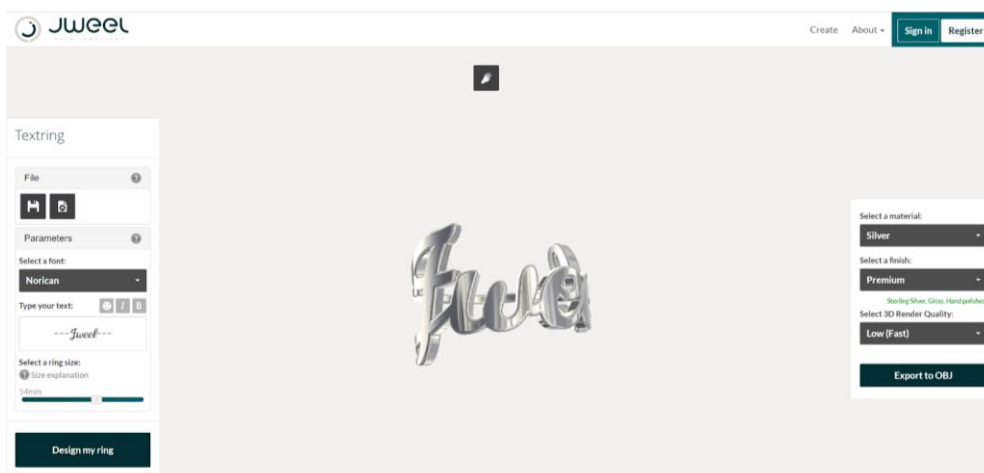
Figura 13 - Modelagem 3D de joia utilizando *Countersketch*



Fonte: www.countersketch.eu/en/

Diferente dos programas já mencionados, o *Jweel* é gratuito e se define como um “mercado de joias personalizadas”. Sem a necessidade de fazer download, o site oferece diversas opções de peças editáveis, desde a adição de texto até modelagem livre (Figura 14). Além disso, eles possibilitam a produção das peças em diversos materiais, com envio para o mundo todo. É um site focado no público não profissional de joalheria ou de modelagem CAD e, por isso, não possui muitas funções de importar ou exportar arquivos criados em outros programas, mas é uma ótima opção para quem quer desenvolver peças personalizadas simples.

Figura 14 - Personalização 3D de joia utilizando *Jweel*



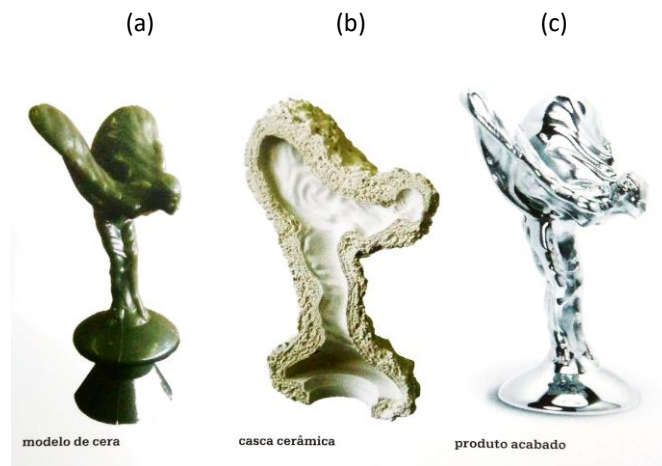
Fonte: www.jweel.com

2.5. Manufatura Aditiva aplicada na fabricação de joias

As joias estiveram presente de diversas formas desde o início da humanidade, sempre carregada de simbolismo e admiração. No passado mais conservador, apenas pedras e metais preciosos eram considerados bons materiais para joias, mas hoje em dia encontramos peças tão valiosas quanto, produzidas com prata, bronze, cobre, aço, paládio, platina, ou ainda a produção de acessórios com polímeros, resinas, cerâmica, vidro, entre outros. A forma de uso também está se abrindo a novos horizontes, saindo do tradicional conjunto de brincos e colares, e encontrando-se incorporadas em tecidos, roupas, objetos, e mais (KUMAR et al, 2020).

A Fundição por cera perdida é uma técnica muito utilizada na fabricação de joias. O processo inicia com a imersão de um modelo de cera em cerâmica (Figura 15a), o material envolve o modelo e forma uma casca (molde). Após queima no forno, a cera derrete e dá lugar a uma cavidade de mesmo formato, com todos os detalhes do modelo inicial (Figura 15b). Mais tarde este molde é preenchido por metal derretido, após o resfriamento, a casca cerâmica é desfeita e revela a peça de metal moldada (Figura 15c) (LEFTERI, 2013). Um exemplo de joia fabricada por esse processo é apresentado na Figura 16.

Figura 15 – a) Modelo em cera; b) casca cerâmica; c) produto acabado.



Fonte: LEFTERI (2013).

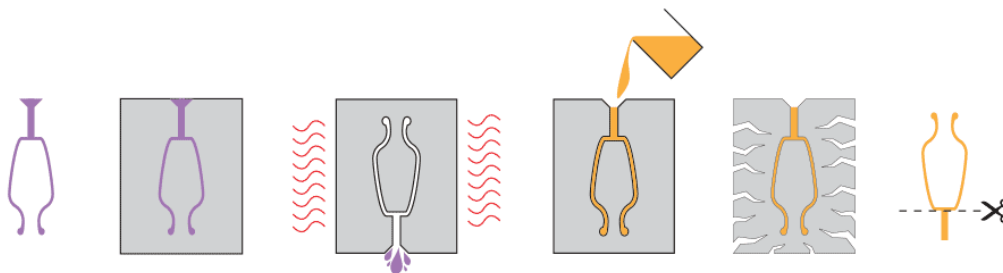
Figura 16 - Modelo de cera esculpido manualmente por Ornella Iannuzzi, para fundição por cera perdida.



Fonte: www.thejewelleryeditor.com

Neste processo de fundição por cera perdida, pode-se utilizar a Manufatura Aditiva para a construção do modelo inicial com resina de cera fundível (Figura 17). Para isso é preciso de um modelo 3D digital da peça, que pode ser desenvolvido através de um programa de modelagem CAD. Posteriormente, o modelo resultante é “fatiado” em um outro programa para que o arquivo fique compatível a linguagem da Impressora (SLA, DLP, entre outros). A máquina é então configurada de acordo com as propriedades exigidas pelo modelo e material, e inicia-se o processo de impressão. Com o modelo impresso na resina com carga de cera inicia-se o processo de fundição por cera perdida e mais tarde, se for necessário, são feitos os acabamentos e polimento da peça em metal.

Figura 17 - Representação da criação de molde por cera perdida, a partir de peça impressa em 3D



Fonte: www.materialise.com

Mesmo que possua diversas etapas, é um processo razoavelmente simples, e por isso muito utilizado por joalheiros profissionais e iniciantes. A alta qualidade da impressão é um reflexo da exatidão dos softwares de modelagem e da precisão das Impressoras, que tem capacidade de reproduzir detalhes em camadas de 30 µm com velocidade de 15 mm/h (3D SYSTEMS, 2024), impossível nos processos de joalheria tradicional. Outra vantagem em relação ao processo tradicional é a capacidade de fabricação em larga escala e de replicação da mesma geometria inúmeras vezes, em razão do modelo digital.

Existe também a possibilidade da impressão direta da joia, feita por meio das tecnologias SMLS ou SLM. Da mesma forma, o projeto inicia com o modelo digital e a transferência do arquivo para a impressora. A máquina sinteriza o material (pó de metal) e, após a impressão, pode ir direto para o pós-processamento (Figura 18). É vantajoso para a produção em massa, mas o investimento inicial é mais alto e precisa de mão de obra mais qualificada. Tem potencial de produzir peças de alta qualidade, detalhadas e minuciosas.

Figura 18 - Anel impresso em ouro 18k por SLM, ainda sem as pedras cravejadas



Fonte: www.3d-alchemy.co.uk

A manufatura aditiva também gera menos desperdício de material do que a fabricação tradicional de joias, que precisa de uma quantia significativa para trabalhar com a técnica de subtração do mesmo. O tempo gasto com pós processamento e acabamento das peças é reduzido, visto que o resultado são cópias fiéis do modelo impresso.

2.6 O mercado de joias obtidas por Manufatura Aditiva

O mercado global de joias impressas atingiu US\$2.107,7 milhões em 2021. A previsão é que chegue a US\$7.377,3 milhões até 2028. As empresas que lideram o mercado são *3D Systems* (EUA); *Argen* (EUA); *Asiga* (Austrália); *Autodesk* (EUA); *Concept Laser* (Alemanha); *DWS* (Alemanha); *EnvisionTEC* (EUA); *EOS* (Alemanha); *Hilderbrand* (EUA); *Legor* (EUA); *Progold* (Índia); *Realizer* (Alemanha); *Shapeways* (EUA); *Sculpteo* (França); *Solidescape* (EUA). A tecnologia SLA é considerada a que tem maior potencial de crescimento até 2028. (BUSINESS RESEARCH INSIGHTS, 2024)

Em relação ao design das peças, a tendência é encontrar a mistura de trabalho manual com tecnologia de ponta. Através da união de métodos tradicionais e digitais, se aproveitando das possibilidades de elementos e texturas que a impressão 3D proporciona. O foco em materiais ecológicos e metais reciclados é esperado, com ênfase na sustentabilidade e nas práticas éticas. A personalização se mantém em alta e abre espaço para a criação de peças menos tradicionais, com design ousado e cheio de significado. A tendência da impressão 3D na joalheria representa inovação, sustentabilidade e originalidade, oferecendo uma nova perspectiva no mundo da ornamentação. (BUSINESS RESEARCH INSIGHTS, 2024)

As vantagens da impressão 3D ficam cada vez mais evidentes neste cenário, por garantir altos níveis de personalização, agilidade na realização dos desenhos, flexibilidade para modificações nas fases de criação e fabricação de produtos, possibilidade de modificações “in loco”, rápida obtenção de modelos físicos e testes funcionais, aumento da qualidade e produtividade com redução dos custos de produção, moldes duráveis para a reprodução de peças, possibilidade de realizar pesquisas para melhorar a competitividade dos produtos, com prazos e custos reduzidos (BENZ, 2009, p. 72).

Kumar et al. (2020) mostra de forma simplificada as características positivas e negativas da Impressão 3D atualmente. Entre os benefícios estão o tempo e custo de produção das peças quando comparada a técnicas tradicionais, a minimização do desperdício de materiais principalmente nas impressões SLA, a liberdade na criação de geometrias tridimensionais que permite a reprodução de designs complexos. Um ponto negativo deste processo é a emissão de partículas nocivas durante a impressão e pós processamento, que podem oferecer riscos à saúde e ao meio ambiente. Outra preocupação é em relação ao direito autorais de design e dos modelos digitais, que podem facilitar a cópia e fabricação de produtos falsificados.

A aquisição de novas tecnologias não garante sucesso ou vantagem a uma empresa, se ela não investir também na qualificação de seus funcionários e pesquisas de mercado. LOY et al. (2023) afirma que a previsão de tendências pode ser um instrumento superior no suporte de projetos de design, e mostra a importância do estudo destas tendências para diversos setores, em especial os que trabalham com criação e design. Na moda a previsão dos ciclos de tendências ajuda a atrair e manter o interesse do público de forma mais orgânica, garantindo que seus desejos sejam concedidos no momento certo. “A aceitação da inovação pelo consumidor dependerá menos da tecnologia empregada e mais da experiência significativa que será ofertada” (FIALKOWSKI et al., 2018), neste cenário o designer fica encarregado, além do desempenho e estética de um produto, dos aspectos intangíveis dele, que podem proporcionar uma experiência significativa.

"A introdução da modelagem 3D e da prototipagem rápida começa a ser considerada peça importante para o desenvolvimento da qualidade da joia brasileira. Isto fica bem exemplificado quando vemos que, no diagnóstico da indústria joalheira do Rio de Janeiro, o "atraso tecnológico com a baixa utilização do CAD/CAM para o desenvolvimento de produtos" (Santini, 2005, p. 69), é considerado um dos fatores relevantes para a perda de competitividade frente a outros centros produtores de joias." (BENZ, 2009, p.17)

A eficiência da manufatura aditiva, quando unida a pesquisa de tendências de design e moda, garante uma boa experiência para o consumidor e muitos ganhos para os criadores. Da pré-produção com ideação, pesquisa de público, prototipagem e teste de materiais, até a possibilidade de importação dos modelos e moldes de empresas terceiras (LABS) e canais *open source*, processos que tradicionalmente levam meses podem ser feitos com muito mais eficiência.

2.7 Exemplos de joias obtidas por Manufatura Aditiva no Brasil e no Mundo

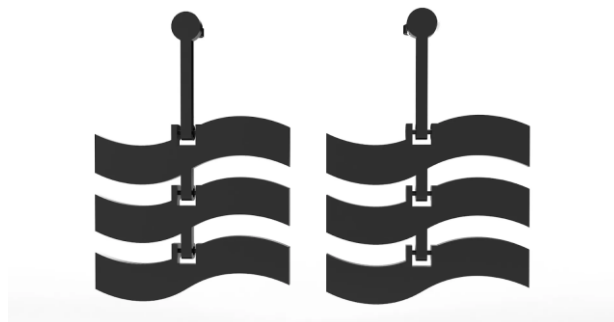
Até o momento desta pesquisa foram encontradas duas marcas brasileiras que exploraram o potencial da impressão 3D no processo de criação de joias. Uma delas é a Copan joias, criada em 2020 por Erick Paulino e Bruno Lima em São Paulo. Eles utilizam, entre outros materiais, a impressão 3D em PLA para materializar a arte, história e arquitetura paulista em acessórios (Figuras 19 e 20). (COPAN, 2024)

Figura 19 – “Coleção Colar Sampedras”, pingentes impressos em PLA e corrente de prata 925.



Fonte: www.copanjoias.com.br

Figura 20 - “Brincos WA” fabricados com impressão 3D de PLA.



Fonte: www.copanjoias.com.br

Regina Dabdab é designer nascida em São Paulo, formada em design de moda pela FASM e com especialização em acessórios em Milão (Itália). Em suas peças é visível a inspiração na natureza

e seu apreço pelas formas orgânicas, explorando de forma sofisticada a combinação de materiais como minerais semipreciosos, madeira, metal e outros (Figura 21). O uso mais expressivo da impressão 3D em sua criação é na fabricação de moldes, que mais tarde são preenchidos com gesso para dar forma a estruturas que se assemelham a corais, tanto em forma quanto textura. Para este projeto, Regina trabalhou em conjunto com a pesquisadora Olivia Merquior e do grupo Texprima que trabalha com máquinas de impressão 3D. (ASSUNÇÃO, 2022)

Figura 21 - Joias feitas de gesso através de moldes impressos em 3D



Fonte: www.reginadabdab.com

Ao redor do mundo, no entanto, existem diversos projetos que obtiveram sucesso com a utilização da Impressão 3D para a produção de joias e acessórios. A artista Miranda Marquez vem explorando esse potencial no ramo da moda, com projetos que unem técnica e criatividade para revelar as possibilidades do material. Formada em Engenharia Multimídia e com anos de experiência em moda como modelo, Miranda Marquez é uma artista multidisciplinar que explora a interseção entre as novas tecnologias e a moda (Figura 22) (MIRANDA MARQUEZ, 2024).

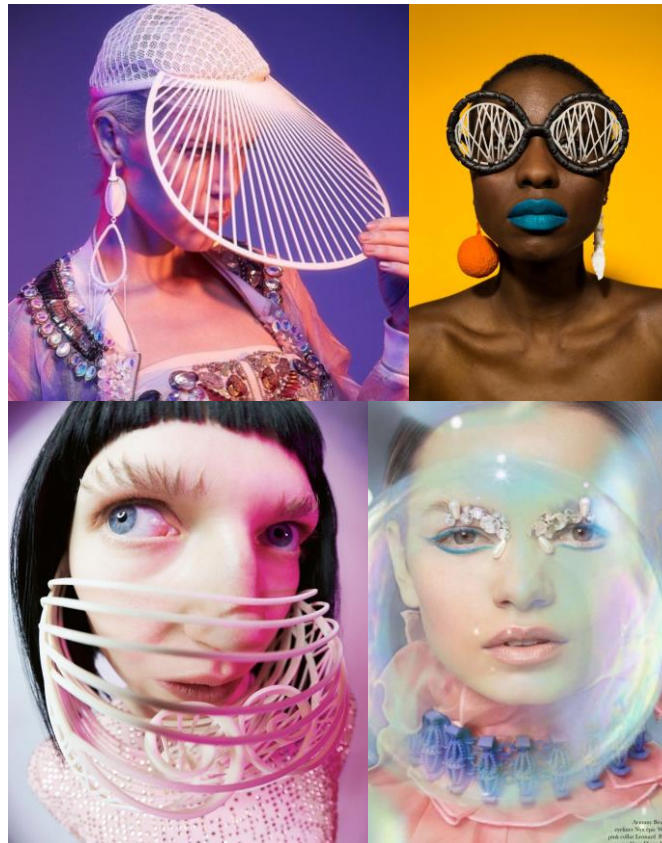
Figura 22 - Parte da coleção “Resilience” (2020)



Fonte: www.mirandamarquez.es

Fundada em 2014, Diana Law trabalha com impressão 3D de acessórios em polímero e metal, e recebeu diversos títulos e prêmios pelo seu trabalho (Figura 23). Sua principal sede fica em Paris (França), mas a maior parte das peças são impressas nos Países Baixos. As peças já apareceram em publicações importantes da moda como *VOGUE*, *ELLE*, *Cosmopolitan*, *Numéro*, *Le Vif Weekend*, *STYLIST*, *Madame Figaro* e *New York Post*. (3D NATIVES, 2017).

Figura 23 - Acessórios da Diana Law impressos em 3D



Fonte: Diana Law

Fundada em 2007 por Jessica Rosenkrantz e Jesse Louis-Rosenberg, a *Nervous System* foi pioneira na aplicação de novas tecnologias em design, incluindo sistemas generativos, impressão 3D e *webGL*. A empresa se considera um “estúdio de design generativo”, que une ciência, arte e tecnologia através de aplicativos de design *on-line* que permitem que os clientes co-criem produtos, usando ferramentas algorítmicas e físicas para o desenvolvimento de produtos e ambientes inovadores. (NERVOUS SYSTEM, 2024)

Segundo o estúdio, os produtos são fabricados através de métodos que não exigem grandes instalações ou trabalho manual maciço. O uso da prototipagem rápida faz com que as peças personalizadas sejam fabricadas pelo mesmo custo que as peças padronizadas. A maioria dos produtos são impressos com Filamento de Nylon com proteção UV (Figura 24), um material considerado muito barato, mas também disponibilizam a opção de peças em ouro 14K, ouro 18K, paládio e platina, por encomenda especial. Estes são impressos em 3D em cera e geralmente fundidas em prata ou latão através da fundição por cera perdida. (Figura 25)

A empresa acredita que o valor de suas peças vem do projeto inovador e da união entre o

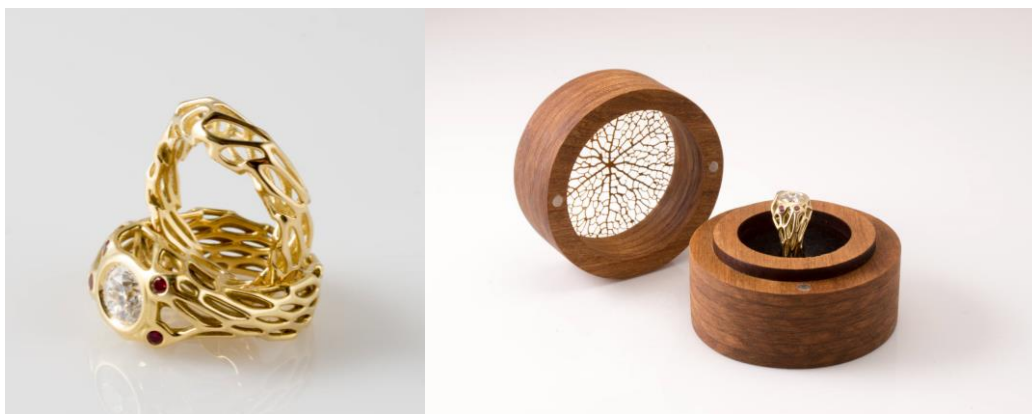
design não convencional e a tecnologia, e não do preço atual dos padrões monetários (ROSENKRANTS et al. 2007). Mostrando a relevância desta proposta, os trabalhos fazem parte da coleção permanente de museus, incluindo o Museu de Arte Moderna, o *Cooper-Hewitt*, o *Smithsonian Design Museum* e o Museu de Belas Artes de Boston. Além de terem sido apresentados em diversas publicações, incluindo *WIRED*, *New York Times*, *The Guardian*, *Metropolis* e *Forbes*. Jesse e Jessica deram palestras sobre seu processo de design generativo em vários fóruns, incluindo o *MIT*, *Harvard*, *SIGGRAPH* e o *Eyo Festival*.

Figura 24 - Linha de acessórios “Florescence” (2015)



Fonte: Nervous System

Figura 25 - Aliança e caixa personalizados (2014)



Fonte: Nervous System

Doug Bucci é um artista e educador na área de joalheria cujo trabalho utiliza processos digitais para explorar e exibir sistemas biológicos e o efeito de doenças no corpo (Figura 26). As tecnologias auxiliadas por computador permitem que Bucci visualize e simule não apenas dados, mas também padrões e formas celulares, que podem ser transformados em arte significativa, pessoal e vestível (Figura 27). Bucci vê seu processo digital como algo que permite uma liberdade criativa não encontrada nos métodos tradicionais feitos à mão. (DOUG BUCCI, 2024)

Seu trabalho está nas coleções do *Windsor Castle* (Berkshire, Londres), no *Philadelphia Museum of Art*, *Pinakothek der Moderne* (Munique, Alemanha), *Newark Museum* (Nova Jersey, Estados Unidos), *Deutsche Goldschmiedehaus* (Hanau, Alemanha), *Design Museo* (Helsinque, Finlândia) e *The State Hermitage Museum* (São Petersburgo, Rússia).

Figura 26 – Braceletes da Coleção “Melitus” (2010), peças impressas em ABS por FDM



Fonte: Doug Bucci

Figura 27 – Coleção “Islet”



Fonte: Doug Bucci

Ross Lovegrove é um renomado designer industrial britânico conhecido por sua abordagem inovadora e orgânica ao design. Nascido em 1958, ele se destacou por combinar tecnologia avançada com formas inspiradas pela natureza, criando produtos que são ao mesmo tempo estéticos e funcionais.

Além de ser mundialmente reconhecido por seus designs, Ross Lovegrove foi pioneiro na introdução da impressão 3D como ferramenta para design de produtos. Seu portfólio inclui projetos comerciais e conceituais, desde a arquitetura até a aviação, bens de consumo, móveis, e joias, além de instalações artísticas, esculturas, desenhos e muitos outros, que podem ser encontrados em diversos museus e instituições, incluindo coleções permanentes em museus de design em todo o

mundo, como o MOMA, em Nova York, o Vitra Design Museum, em Rhein, e o Design Museum, em Londres.

Sua coleção de joias de prata impressas em 3D recebeu o nome “Foliate”, derivado do mundo botânico das plantas. Ele se refere a folhas e estruturas de folhas, inspirado pelas formas altamente evoluídas que existem para capturar a luz do sol e a chuva. Para os protótipos, foram testados diferentes métodos de produção, como DMLS e impressão 3D em cera combinada com fundição por cera perdida. As peças possuem alta resolução, com detalhes na área de 0.05 a 0.1mm (Figuras 28 e 29) (ROSS LOVEGROVE, 2024).

Figura 28 - “Foliate Double Leaf” e “Foliate Single Leaf”. Impresso em Prata 925 e polido à mão.



Fonte: Ross Love Gove

Figura 29 - Coleção limitada “Foliate IV” feita para a galeria Luois Guinness em 2013. Impresso em ouro 18K.



Fonte: Ross Love Grove

3. Discussão dos resultados

É certo que o futuro da joalheria depende da tecnologia. Seja para pesquisa de materiais e desenvolvimento de processos mais sustentáveis, ou para alcançar o ritmo das tendências da moda, a impressão 3D é uma das ferramentas mais interessantes para o setor atualmente.

O Brasil tem certa desvantagem na aquisição e utilização destas “novas” tecnologias, devido às altas taxas de importação, dificuldade de encontrar mão de obra especializada, e de adquirir

materiais e peças a um valor acessível. Estas e outras tornam as joias impressas muito difíceis de serem reproduzidas no Brasil, fato perceptível pelo baixíssimo número de empresas que trabalham com este tipo de produto e serviço.

Mesmo com todos os desafios, é imprescindível para que as empresas brasileiras se mantenham ativas e cresçam dentro do mercado nacional e internacional. Gasperini et al. (2010) mostra que a expansão de uma empresa para o exterior ocorre, muitas vezes, quando o país de origem não oferece mais oportunidades para o crescimento.

O processo de internacionalização deve ser feito com cautela, considerando os custos, benefícios, riscos, objetivos e oportunidades da empresa em relação ao mercado externo. O ideal é que a marca pesquise sobre o comportamento do consumidor e as tendências locais de design e mercado.

Entre os benefícios da internacionalização encontram-se a expansão de mercado, facilidade de comunicação com clientes internacionais, fortalecimento da marca, diversificação de portfólio geográfico e redução de riscos (em relação a crises e dificuldades do país de origem). Por gerar maior volume de exportação existem ganhos no aumento da escala de produção, principalmente em produtos de luxo onde apenas pequena parte da população brasileira tem acesso. Em relação a Impressão 3D, a empresa fica mais próxima da fonte de pesquisas, com maior disponibilidade de máquinas, materiais e mão de obra qualificada, facilitando a aplicação da técnica em seus processos.

Alguns custos e riscos consideráveis ao investir no mercado externo é a demanda de uma equipe competente para administrar e governar a empresa e suas atividades internacionais, assim como a escolha do mercado em que a marca pretende atuar. Deve tomar cuidado com a situação política e econômica, assim como questões sociais e ambientais do país escolhido, analisando se será sustentável a longo prazo.

4. Conclusão

O presente trabalho teve como objetivo apresentar como a manufatura aditiva está sendo utilizada como ferramenta para a fabricação de joias no Brasil e no mundo, e como isto pode influenciar no processo de projeto e fabricação de novos produtos neste ramo do design.

Além de abordar as principais formas de impressão 3D disponíveis hoje para o mercado de joias, apresentou os diferentes processos, materiais e programas utilizados pela indústria e expôs os principais aspectos históricos da joalheria no Brasil. Também contextualizou o mercado de joias nacional e internacional, pelo escopo da manufatura aditiva com a finalidade de compreender as possibilidades de crescimento do mercado de design de joias com a aplicação desta tecnologia.

Ao explicar a importância da manufatura aditiva para a produção de joias no Brasil, é essencial destacar como essa tecnologia pode, além de melhorar a competitividade das empresas locais, abrir portas para expansão nos mercados internacionais e atender à demanda crescente por produtos personalizados e de valor agregado.

A expansão da manufatura aditiva no Brasil também impulsionaria a inovação em diversos setores, reduzindo a dependência de importações, criando oportunidades de negócios, aumentando a competitividade internacional do país, estimulando o ensino e trabalho especializado, encaminhando para crescimento econômico e industrial de longo prazo.

5. Referências

- 3D NATIVES. News. Interview. **3D Printed Jewelry Diana Law**. 2017. Disponível em: <https://www.3dnatives.com/en/3d-printed-jewelry-diana-law05042017/>. Acesso em: maio 2024
- 3D SYSTEMS. Products. **Figure 4 jewelry**: ultra-fast and affordable 3d printing solution for jewelry design and manufacturing workflows. Disponível em: <https://www.3dsystems.com/3d-printers/figure-4-jewelry?ind=jewelry>. Acesso em: maio 2024
- ASSUNÇÃO, Luxas. **Designers de moda têm apostado na impressão 3D para criar peças únicas**. 2022. Disponível em: <https://ffw.uol.com.br/noticias/moda/designers-de-moda-tem-apostado-na-impressao-3d-para-criar-pecas-unicas/>. Acesso em: maio 2024
- ASTM. **ISO/ASTM 52900:2021(E)**: Additive manufacturing — General principles — Fundamentals and vocabulary. 2021. 14 p.
- BENZ, Ida Elizabeth. **Inovação no processo de design de joias através da modelagem 3D e da prototipagem rápida**. Programa de Pós-graduação em Design da PUC-Rio. 2009. Disponível em: https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/14760/14760_1.PDF. Acesso em: maio 2023
- BUSINESS RESEARCH INSIGHTS. Home. Chemicals & Materials. **3D Printed Jewelry Market**. Jun 2024. Disponível em: <https://www.businessresearchinsights.com/market-reports/3d-printed-jewelry-market-105306>. Acesso em: julho 2024.
- COPAN JOIAS. **Quem somos**. Disponível em: <https://www.copanjoias.com.br/quem-somos/>. Acesso em: junho 2024
- DOUG BUCCI. **Jewelry**. 2024. Disponível em: <https://www.dougbucci.com/jewelry>. Acesso em: junho 2024
- FIALKOWSKI, V.; KISTMANN, V.; HEEMANN, A. **Estudo de Tendências em Design para Gerar Inovação Guiada pelo Significado**: Situação e Perspectivas. 13º Congresso Pesquisa e Desenvolvimento em Design. 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/336957550_Estudo_de_Tendencias_em_Design_para_Gerar_Inovacao_Guiada_pelo_Significado_Situacao_e_Perspectivas. Acesso em: agosto 2023
- FORMLABS. **High-Detail 3D Printing Materials for Designing and Manufacturing Jewelry**. Disponível em: <https://formlabs.com/materials/jewelry>. Acesso em: maio 2024
- FORMLABS. **Using High Temp Resin**. Disponível em: https://support.formlabs.com/s/article/Using-High-Temp-Resin?language=en_US. Acesso em: maio 2024
- FORMLABS. **Vulcanized Rubber Molding with 3D Printed Masters**. Formlabs White paper, 2020. Disponível em: <https://3d.formlabs.com/white-paper-vulcanized-rubber-molding-3d-printed-masters/>. Acesso em: maio 2024
- GASPERINI, C.; PERSCH REICHEL, V. **Mercado de luxo**: estratégias para internacionalização de empresas joalheiras do Brasil. Internext, [S. l.], v. 4, n. 2, p. 83–100, 2010. Disponível em: <https://internext.emnuvens.com.br/internext/article/view/93>. Acesso em: junho 2024
- KUMAR, R.; KUMAR, S. **Trending applications of 3D printing**: A study. Asian Journal of Engineering and Applied Technology, v. 9, n. 1, p. 1–12, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/353925735_Trending_Applications_of_3D_Printing_A_Study. Acesso em: abril 2024
- LEFTERI, Chris. **Como se faz**: 92 técnicas de fabricação para design de produtos. Tradução de

Marcelo A. L. Alves. 2 ed. São Paulo: Blucher, 2013.

LOY, J.; NOVAK, J.; DEIGEL, O. **3D printing for product designers: innovative strategies using additive manufacturing**. 1 Ed. Editora Routledge, 2023.

MACHADO, Abraão Veloso. **100 anos da Semana de Arte Moderna: celebração ou reflexão?** Núcleo de Ações Educativas do Espaço do Conhecimento UFMG, 2022. Disponível em: <https://www.ufmg.br/espacodoconhecimento/100-anos-da-semana-de-arte-moderna-celebracao-ou-reflexao/>. Acesso em: maio 2024

MIRANDA MARQUEZ. **Resilience**. Disponível em: <https://mirandamarquez.es/portfolio-Recilence.html>. Acesso em: outubro 2023

MOURA, Lívia. **Mercado brasileiro de luxo deve movimentar até R\$133 bilhões em 2030, projeta Bain**. 2023. Disponível em: [https://www.bain.com/pt-br/about/media-center/press-releases/south-america/2023/mercado-brasileiro-de-luxo-deve-movimentar-ate-r\\$-133-bilhoes-em-2030-projeta-bain/](https://www.bain.com/pt-br/about/media-center/press-releases/south-america/2023/mercado-brasileiro-de-luxo-deve-movimentar-ate-r$-133-bilhoes-em-2030-projeta-bain/). Acesso em: junho 2024

NERVOUS SYSTEM. About. **Our Vision**. Disponível em: https://n-e-r-v-o-u-s.com/about_us.php. Acesso em: junho 2024

ROSS LOVEGROVE. Biography. **About Ross Lovegrove**. Disponível em: <https://www.rosslovegrove.com/story> . Acesso em: junho 2024

SANTOS, Irina Aragão dos. **Adornos pessoais: uma reflexão sobre as relações sociais, processo de design, produção e formação acadêmica**. Pós-graduação em Design da PUC-Rio. 2003. Disponível em: https://www.dbd.puc-rio.br/pergamum/biblioteca/php/mostrateses.php?open=1&arqtese=0210314_03_Indice.html. Acesso em: fevereiro 2024

SILVA, Francisco (coord.) et al. **Impressão 3D: tecnologias, materiais e aplicações**. Porto: Engebook, 2023.

VOLPATO, Neri (org). **Manufatura aditiva: tecnologias e aplicações da impressão 3D**. Paraná: Editora Blucher, 2017.