

Materiais e processos produtivos utilizados no design de joias: análise histórica, evolutiva e comparativa

Andreia Salvan Pagnan ^a✉, Sebastiana Luiza Bragança Lana ^b, Pâmela Carine de Sousa Miranda ^c, Hemili Luize Neves ^d

^{a b c d} Escola de Design, Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG, Av. Antônio Carlos, 7545 - São Luiz, Belo Horizonte/MG, 31270-010

^a andreasalvanp@gmail.com, ^b sebastiana.lana@gmail.com, ^c pamelasousa.miranda@gmail.com,

^d hemililuize@yahoo.com.br

A história da joalheria mostra diversas aplicações de materiais que passaram por processos produtivos baseados na experimentação do homem utilizando o que havia disponível no seu contexto. O homem pré-histórico utilizou materiais disponíveis na natureza para construir adornos produzidos com ferramentas desenvolvidas por ele mesmo. O período entre 5000 e 4000 a.C., marcou o uso dos metais pelo homem que o aprimorou para aplicação nas joias baseadas na habilidade de produzir e manipular materiais. Antes da utilização do ouro e da prata para agregar valor às joias, os metais não nobres como cobre, platina e zinco, exerceram papel precursor na joalheria. Estes materiais antes utilizados como elemento único nas peças passaram a compor as ligas dos metais utilizados na joalheria. Com finalidade de analisar evolutiva e comparativamente a aplicação destes materiais, este artigo delinea sua trajetória histórica buscando mostrar a evolução dos processos no design de joias até a contemporaneidade.

Palavras-chave: Materiais; Tecnologia; Processos; História, Joalheria.

Materials and production processes used in jewelry design: historical, evolutionary and comparative analysis

The history of jewelry shows a diverse application of materials that have gone through productive processes based on the experimentation of man using what was available in his context. Prehistoric man used materials available in nature to construct adornments produced with tools developed by himself. The period between 5000 and 4000 b.C marked the use of metals by the man who improved it for application in jewelry based on the ability to produce and manipulate materials. Before using gold and silver to add value to jewelry, non-noble metals such as copper, platinum, and zinc played a pioneering role in jewelry. These previously used materials as a single element in the pieces began to form the alloys of the metals used in the jewelry. With the purpose of analyzing evolutionarily and comparatively the application of these materials, this article outlines its historical trajectory seeking to show the evolution of the processes in the design of jewels until the contemporaneity.

Keywords: Materials; Technology; Processes; History, Jewelry.

1. Introdução

O uso dos materiais metálicos na joalheria desde os primórdios se baseou na experimentação feita pelo homem. Segundo Corbetta (2006), o surgimento das joias se deu pela busca do homem, ainda primitivo, por autoafirmação e diferenciação de seus similares. Naquele momento, os materiais utilizados para a ornamentação eram penas e dentes de animais utilizados como matéria prima, os quais, assim como os processos produtivos, se multiplicaram e modernizaram.

A partir do quinto milênio antes de Cristo, o progresso que o homem fez no campo do trabalho com os metais representou um salto extraordinário (CORBETA, 2006). Acompanhando essa etapa, a arte e a ornamentação pessoal passaram a se apoiar em outros suportes de produção utilizando materiais como o cobre, o latão, o ouro e a prata. Codina (2000) ressalta também que desde os anos 1920, com o movimento artístico *Art Déco*, as joias obtinham seu valor através dos materiais utilizados, mas produziu-se ainda joalheria com materiais sintéticos e metais industriais, buscando um distanciamento da joalheria preciosa.

Um delineamento histórico do uso de materiais como o cobre, zinco e a platina na joalheria é abordado neste artigo com o objetivo de uma análise comparativa entre os suas aplicações e seus processos produtivos utilizados na joalheria antiga, moderna e contemporânea, bem como os avanços tecnológicos.

2. Contexto histórico dos materiais

Cada material possui sua importância dentro do contexto histórico dos produtos disponíveis para uso da sociedade. Ao analisarmos o cobre sob o ponto de vista da sua ocorrência primeira, a ilha de Chipre (*Cyprus*) foi uma das primeiras fontes, fazendo com que os romanos denominassem o metal como "*Aes Cyprium*". Mais tarde a nomenclatura foi transformada em *Cyprium* e posteriormente em *Cuprium*, originando o símbolo químico "Cu". De acordo com Rocio et al. (2012), as principais reservas mundiais de cobre metálico no ano de 2011 estavam situadas no Chile, Peru, Austrália, México e Estados Unidos.

Indícios apontam que o cobre foi o primeiro metal a ser descoberto e trabalhado pelo homem, existindo provas de que os Incas e outros povos que habitavam a região onde hoje é o Equador, já utilizavam esse material na América pré-colombiana. Existem também registros de armas e ferramentas fabricadas em cobre antes da chegada dos espanhóis no continente americano (RODRIGUES et al., 2012).

Os povos antigos utilizavam o cobre em sua forma nativa devido à sua facilidade de ser moldado à forma desejada. Evoluções no seu processo de fundição tornaram

possível a adição de outros metais, formando assim as ligas de cobre. Acredita-se que a metalurgia do cobre tenha se iniciado por volta de 3500 a.C, no Egito, onde também foi desenvolvido o bronze, liga composta por 90% de cobre e 10% de estanho, conferindo ao metal maior resistência à corrosão (RODRIGUES, et al., 2012).

O zinco, por sua vez, foi considerado redescoberto no ano de 1746 por Andreas Sigismund Marggraf, químico alemão, que dentre outras invenções e descobertas, propôs a obtenção desse metal através da redução do mineral calamina. Sua nomenclatura se deve tanto à origem persa da palavra “*sing*”, que significa pedra, quanto do alemão “*zincken*”, termo que se refere ao formato irregular do minério de calamina (SCHINNENBECK e NEUMANN, 2016). As ligas de zinco, porém, já conhecidas desde a antiguidade, foram utilizadas pela primeira vez como componente na fabricação de moedas, sendo que peças de latão com liga de cobre e zinco são datadas de 1000-1400 a.C. (KLIUGA e FERRANTE, 2009). Segundo Neves (2012) os maiores países produtores de zinco são Austrália, Canadá, China, Peru e Estados Unidos. No Brasil, os locais de incidência são o estado de Minas Gerais, com 88%, e o restante é distribuído entre Mato Grosso, Paraná e Pará.

Pertencente ao grupo dos platinídeos, a platina, material também utilizado na joalheria, teve sua origem no século XVI, tendo sido encontrada em objetos que datam de 700 a.C., em países como Grécia. Registros mostram nos hieróglifos (sinais representativos da escrita de antigas civilizações) do famoso caixão de Thebes em ouro, prata e uma liga contendo platina. O termo platina se deve à sua semelhança com o metal prata, uma vez que, platina é o diminutivo de *plata*, palavra de origem espanhola. Em 1735, o espanhol Antonio Ulloa conseguiu separar e classificar a platina como substância elementar (ALVES, et al., 2010).

Classificada como o oitavo metal a ser encontrado e o primeiro elemento do grupo dos platinídeos (THE ENCYCLOPEDIA OF EARTH, 2016), a platina foi identificada como um material que, assim como o ferro, podia ser forjada a frio com martelo. Tal descoberta feita em 1773, pelo químico francês Baumé, também permitiu identificar que o arsênio permitia separá-la do ferro e do cobre, possibilitando seu uso na ourivesaria europeia (KLIUGA e FERRANTE, 2009). No início do século XX foram encontrados em Esmeraldas (Equador) objetos decorativos confeccionados pelos povos pré-colombianos contendo uma liga de platina e ouro. Foram utilizados também em joalheria pelos povos antigos do Peru, Equador e índios pré-colombianos assim como os demais metais do grupo. A conquista espanhola nas Américas resultou no encontro de quantidades variáveis dos metais do grupo da platina misturados ao ouro, cobre e ferro (ALVES, et al., 2010).

3. Propriedades e aplicação dos materiais

As propriedades dos materiais influenciam nas suas características físicas como plasticidade, resiliência, maleabilidades e outras. Classificados como metais não ferrosos, de acordo com Lesko (2004), o cobre e o zinco possuem inúmeras características mecânicas e físicas que viabilizam a utilização dos processos de manufatura dos metais ferrosos para formá-los, cortá-los e ligá-los.

A calcopirita é atualmente a fonte mais comum de cobre e responsável por 50% da produção desse metal. Como característica física, possui cor avermelhada e de fácil polimento, sendo, depois da prata, o melhor condutor de eletricidade e calor, apesar de se oxidar lentamente ao ar. Seu ponto de fusão em torno de 1083°C torna o cobre um material amplamente utilizado como elemento de liga responsável por melhorar as propriedades mecânicas da prata e do ouro (KLI AUGA e FERRANTE, 2009). Lima (2006) destaca a excelente condutibilidade elétrica (apenas inferior à da prata), a elevada condutibilidade térmica, ductilidade e flexibilidade do material como propriedades. Callister (2012) destaca a alta resistência do cobre à corrosão em diversos ambientes incluindo o ambiente atmosférico, água do mar e alguns produtos químicos industriais. Mas, suas propriedades mecânicas e de resistência à corrosão podem ser melhoradas por elementos de liga.

O latão é uma das ligas mais comuns e possui o zinco como uma impureza substitucional. Como propriedades desta liga se destacam a relativa maciez e facilidade de ser trabalhado (CALLISTER, 2012). As propriedades do zinco, segundo Kliauga e Ferrante (2009), no que se refere ao ponto de fusão em torno de 419,5°C, consideravelmente baixo em relação a outros metais, justificam a sua utilização para a diminuição do ponto de fusão de ligas de ouro (1.063°C) e prata (960,5°C). O coeficiente de expansão térmica do zinco é alto (29,1 [10⁻⁶m/(m.K)]) não permitindo que seja facilmente conformado a frio, tendo sua cor alterada de azul para cinza após oxidação.

Com propriedades muito específicas, a platina possui ponto de fusão tão alto – 1.773,5°C, que apenas pode ser fundida em chama de acetileno ou em fornos elétricos especiais. De coloração branco acinzentado, é resistente à oxidação por ar, água e à maioria dos ácidos. Sendo um metal que, além de não formar compostos espontaneamente, exhibe metade da condutividade térmica e elétrica da prata, e ao se ligar a poucos milésimos de outros metais, tem suas propriedades alteradas, sobretudo mecânicas e brilho. Seu estado puro, muito maleável e mole como o cobre permite que seja utilizada na joalheria ligada ao cobre, ao paládio e a irídio (KLI AUGA e FERRANTE, 2009).

3.1. Aplicação dos materiais na joalheria

O cobre é um metal que possui mais de 400 combinações de ligas diferentes, as mais utilizadas são os latões e os bronzes, bem utilizados na joalheria. A liga de latão, uma combinação de cobre e zinco, é amplamente utilizada na indústria de bijuterias folheadas. Por outro lado, a liga de bronze, combinação de cobre e estanho, é empregada na fundição de estatuetas decorativas, sinos de alumínio e podem substituir o latão na fabricação de bijuterias. As ligas de cobre e níquel, também conhecidas como prata alemã, possuem tom branco e são utilizadas na indústria de bijuterias (KLIUGA e FERRANTE, 2009).

De acordo com Panorama da Mineração em Minas Gerais, realizado em 2015 pelo IBRAM (Instituto Brasileiro de Mineração) e pela SINFERBASE (Sindicato Nacional da Indústria da Extração do Ferro e Metais Básicos) as principais aplicações do zinco estão no aço galvanizado para a construção civil e indústria automobilística, seguido da agropecuária, com a nutrição animal e produção de fertilizantes, e a fabricação de eletrodomésticos com peças de bronze e latão (INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO, SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DA MINERAÇÃO DO FERRO E METAIS BÁSICOS, 2015). Na joalheria, por sua vez, o zinco é comumente utilizado através das ligas metálicas, consistindo na junção de dois ou mais elementos por meio do aquecimento, visando o agrupamento de suas propriedades isoladas.

No final do século XIX, ocorreu a expansão do uso da platina, passando esta a ser o metal mais popular no setor joalheiro no período Eduardiano. Na eclosão da Primeira Guerra Mundial a platina e outros metais foram usados na produção armamentista e seu uso em joias desapareceu, retornando com o *Art Deco*, possivelmente devido à descoberta do maior depósito de platina no mundo localizado na África do Sul. Nos anos de 1960 e 1970 respectivamente, a platina tornou-se popular no Japão e retomou seu valor na joalheria da Europa, principalmente pela Alemanha. Recentemente a China se tornou um dos principais mercados para as joias de platina (ANTIQUÉ JEWELRY UNIVERSITY, 2016).

3.2. Processos produtivos dos metais aplicados na joalheria

As técnicas de ourivesaria utilizadas na joalheria, mesmo que tenham passado por evoluções tecnológicas em seus processos produtivos, envolvem o processamento dos metais. Historicamente, a platina foi processada na técnica de apliques por volta de 1870 quando surgiu o primeiro trabalho utilizando esta técnica, mas sua aplicação na joalheria veio por meio da combinação da técnica de folha fina de platina e ouro. Embora fosse possível derreter a platina em fornalha, não existia nenhuma maneira dos joalheiros fundirem este metal em suas oficinas. Em 1878 uma patente alude o uso da platina em pinos para fixação de diamantes, e em torno de 1890 surgiram itens de ouro totalmente

cobertos com platina, sendo um precursor desse metal na forma sólida nas joias. A invenção da tocha de acetileno de oxigênio marcou o começo da produção de joias de platina sólida (ANTIQUÉ JEWELRY UNIVERSITY, 2016).

Dentre os processos produtivos mais utilizados para conformação e obtenção do metal aplicado na joalheria tradicional e contemporânea, a fusão consiste na prática de fundir metais, de acordo com Kliauga e Ferrante (2009). As fontes de calor podem ser por: contato direto com a chama do maçarico; aquecimento indireto através do cadinho (aquecido com o calor do maçarico); forno de resistência elétrica e forno de indução eletromagnética.

A fundição consiste em colocar o metal em um cadinho, uma espécie de vaso feito de material refratário, e quando o metal atinge seu estado líquido, é colocado em um molde originando o lingote, usado na laminação de chapas ou barras, ou até mesmo em peças semiprontas. Na fusão por contato direto com a chama, pequenas quantidades de metal são fundidas com a chama do maçarico, que nesse caso é dirigida diretamente sobre a superfície do metal (KLIAUGA e FERRANTE, 2009). O forno vulcão é uma caixa de metal revestida com tijolos cerâmicos que possui um maçarico e uma ventoinha que infla o ar para a mistura gasosa. Nesse processo de fusão, a chama entra no forno circundando o cadinho e distribuindo uniformemente o calor (KLIAUGA e FERRANTE, 2009).

Dentre as vantagens do uso do forno elétrico podemos citar: temperatura homogênea, capacidade de controle de temperatura, menor presença de impurezas no metal fundido, tempos menores de fusão, menor poluição no ambiente de trabalho (KLIAUGA e FERRANTE, 2009). E, por fim, no forno de indução eletromagnética, o funcionamento é baseado na indução eletromagnética, além de explorar o efeito Joule. Nesse processo, o cadinho é inserido com o metal numa espira de indução feita de tubo de cobre refrigerado com água para que a espira não superaqueça e funda (KLIAUGA e FERRANTE, 2009).

A fundição é um processo que consiste em submeter um material metálico a um elevado e contínuo aquecimento, em forno elétrico ou cubiló (forno específico para ferro), até que o mesmo atinja seu ponto de fusão, para então ser vertido (despejado) no interior de um molde/cavidade (LIMA, 2006). Dentre os processos de fundição podem ser citados:

- Fundição por cera perdida: processo que consiste na construção do modelo em cera ou metal. Em seguida é feito o molde em borracha vulcanizada a partir do modelo, depois é feita a montagem da árvore formando o sistema de alimentação (KLIAUGA e FERRANTE, 2009).

- Fundição em molde permanente por gravidade: processo em que o metal é vazado em um molde de ferro ou aço recoberto por uma tinta cerâmica. Após a solidificação do metal, o molde é aberto para a retirada da peça. É um método ideal para ligas não ferrosas e utilizado na joalheria na forma de lingotes para confecção de alianças e trabalho mecânico posterior (KLIUGA e FERRANTE, 2009).

O recozimento é uma técnica que consiste em aquecer o metal para que o mesmo volte com a formação cristalina próxima da inicial e também para que se torne dúctil novamente, facilitando o trabalho e evitando que o metal se rompa. Esse processo pode ser realizado utilizando um bloco de carvão vegetal por baixo do metal, o que reduz a oxidação e permite melhor visão da cor avermelhada adquirida pelo metal durante o processo. Também pode ser realizado em um forno com boa regulação de temperatura, porém sendo um pouco inconveniente por ser um processo que requer repetições durante o trabalho com o metal (CODINA, 2000).

A laminação consiste no uso de um laminador que conforma o metal em duas variações diferentes, a prancha e o pré-perfil quadrado. É importante recozer o metal para que ele mantenha sua ductilidade até o fim do processo (CODINA, 2000). Da mesma forma, a trefilagem requer o recozimento diversas vezes para que ele mantenha sua maleabilidade até o fim para que não se rompa, além de ser aconselhável o uso de cera de abelha para facilitar o processo. Processo pelo qual o perfil de metal se transforma em fio, utilizando o equipamento chamado fieira, disponível em várias formas de perfis de fieiras, sendo as mais comuns: redonda, quadrada, retangular e meia cana.

Um dos processos mais utilizados para a união de metais consiste na solda, pois penetra no interior do metal, sendo invisível entre os elementos metálicos que constituem uma peça (CODINA, 2000).

A forja é um dos processos mais antigos de se trabalhar o metal, consistindo em golpes com martelos de diferentes formas, obtendo-se uma transição harmoniosa das partes finas para as grossas do metal além da melhora da sua estrutura interna. Devido às suas propriedades físicas, o cobre (além do ouro e da prata) é um metal que admite muito bem a forjadura, enquanto que o latão não se adequa a este processo (CODINA, 2000).

A técnica *Mokume gane* consiste em unir diversas lâminas de metal em forma de bloco, sem a necessidade de soldá-las. Para a sua realização é necessário que o metal seja submetido à grande quantidade de calor e a uma ligeira pressão, sendo o teor de cobre um dos fatores fundamentais para o processo. As ligas do *mokume gane* são denominadas em: (I) *shakudo* (4,8% de ouro - 95,5% de cobre, ou, 2,5% de ouro - 97,5% de cobre); (II) *shibuichi* (40% de prata - 60% de cobre, ou, 30% de prata - 70% de cobre);

(III) *shiro-shibuichi* (60% de prata - 40% de cobre). Essas ligas também podem ser combinadas entre si, formando outros tipos de ligas (CODINA, 2000).

A granulação consiste em unir pequenos grãos de metal sem uso de solda externa, de forma que os grãos formados sejam cortados em pequenos pedaços de metal ou argolas do mesmo tamanho. Tais grãos se tornam esféricos quando colocados sobre um bloco de carvão vegetal com furos, os quais impedem o movimento dos mesmos. A aplicação de calor permite que o metal se funda e adquira a forma esférica (CODINA, 2000).

Texturas podem ser obtidas por percussão, uma técnica cuja principal ferramenta é o martelo, sendo que seu tipo e forma influem nos resultados da mesma forma que a superfície sobre a qual o metal será apoiado (CODINA, 2000). A reticulação consiste em formar uma capa superficial de prata por cima, e uma capa superficial de cobre por baixo, sendo que a diferença do ponto de fusão desses metais confere o aspecto de “enrugado” depois da aplicação de calor sobre a lâmina (CODINA, 2000).

A técnica de decorar o metal sem elevações pode ser obtida pela cinzeladura, dando volume e forma ao mesmo por meio da utilização do pez, material utilizado como apoio no trabalho. O pez é uma pasta dura e pegajosa, com o ponto exato de elasticidade para ceder com os golpes do cinzel e do martelo. Ele é composto basicamente de calofónia ou pez grega (material pegajoso e elástico), terra (utilizada para compactar) e sebo ou óleo (utilizado para dar elasticidade). Alterações na superfície também podem ser obtidas pelo engaste ou cravação, processo que utiliza ferramentas de acordo com o formato das pedras. Pode ser obtido por meio das técnicas de: (I) Carril, técnica utilizada quando muitas peças do mesmo tamanho são colocadas em forma linear, as pedras mais utilizadas são as de forma quadrada ou retangular; (II) Cabochão, que se trata de pedras de formato planas na parte inferior e arredondadas na parte superior, por isso o engaste feito com elas é utilizado para obter cores e efeitos ópticos, principalmente em pedras opacas e translúcidas (CODINA, 2000).

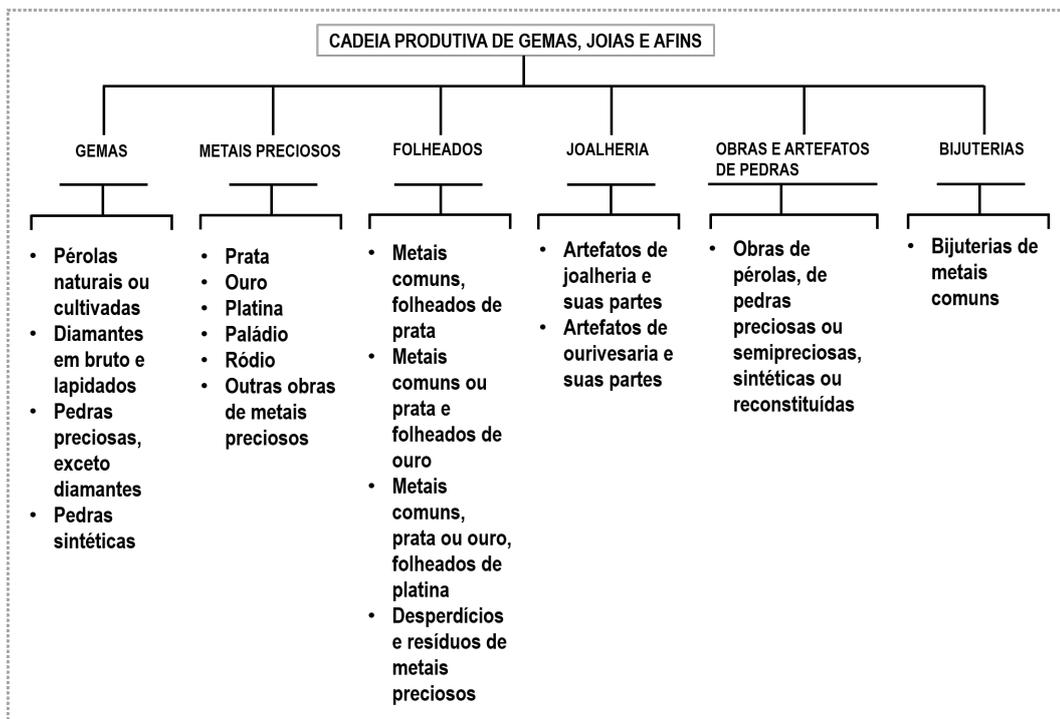
Os esmaltes são responsáveis pela coloração do metal, dando cor e brilho às peças por sua composição vítrea formada por silicatos, boratos, aluminatos e diferentes óxidos de cobre, manganês ou ferro. Além de assumir diferentes consistências, podem ser aplicados em forma de pó umedecido, a seco ou como pasta oleosa e diferentes variações como opaco, transparente e opalescente. Para que o esmalte obtenha sua cor definitiva, é necessário que a peça seja levada ao forno a temperaturas em torno de 750° C a 825° C para esmaltes moles e 900° C para esmaltes duros (CODINA, 2000).

4. Análise evolutiva dos processos produtivos no design de joias

Enquanto os artesãos concentravam em seus processos de fabricação de joias as especialidades de concepção, projeto, viabilização e fabricação, os processos de produção industrial trazidos pela revolução industrial desvincularam as etapas projetuais das de fabricação, permitindo que surgissem tanto os profissionais de projeto, como também novas técnicas aperfeiçoadas ou desenvolvidas para o contexto da produção em alta escala de fabricação (MONTEIRO, 2015).

Composta por elos, a cadeia produtiva joalheira parte do segmento de extração mineral e engloba todos os serviços e materiais usados na extração da matéria-prima. Na sequência temos a indústria de lapidação, que engloba a produção de pedras lapidadas, artesanato e artefatos de pedras. O terceiro elo se refere ao da Indústria de joalheria e bijuteria, responsável pela fabricação de joias de ouro, prata, folheados e bijuterias. Os aspectos de comercialização também são considerados dentro desta cadeia, tanto no mercado interno quanto no externo. A Figura 1 mostra um fluxograma dos elos da cadeia produtiva de gemas que caracteriza o cenário atual do setor joalheiro composto por joias e afins e seus respectivos componentes.

Figura 1. Elos da cadeia produtiva do setor de joias, elaborado pelos autores



Os processos produtivos utilizados pela cadeia produtiva de joias passaram por evoluções de acordo com o contexto econômico de cada época. No Brasil, na década de

1970, as empresas utilizavam ouro e materiais preciosos, enquanto que os anos de 1980 foram caracterizados por um design minimalista nas formas das joias, marcado pelo uso de titânio, alumínio, aço e ligas, assim como novos processos de fabricação. Marcaram a época a presença de artistas-joalheiros se utilizando do design minimalista como características (LLABERIA, 2009).

Nos anos de 1990, o grande desafio do designer de joias contemporâneo passou a ser a transposição da cultura tradicional de criação e produção de joias únicas para a produção em série com aceitação comercial. A relação entre o projeto e o processo produtivo, de acordo com Monteiro (2015), sofreu alterações com a evolução das tecnologias de manufatura, levando a uma redução nas restrições na fabricação das peças, especialmente o processo de fundição, proporcionando uma maior liberdade na criação de formas, algo que não seria possível sem estes avanços tecnológicos.

Evoluindo para a joalheria contemporânea, a joia do século XXI traz consigo liberdade na utilização de novos materiais e técnicas. Caracteriza-se pelas joias tecnológicas que nos transmitem informação, o uso de materiais inusitados (papel, borracha, madeira, capim, plástico, cerâmica, sementes) e novas técnicas de corte a laser e de prototipagem (GOLA, 2008). Desde os tempos pré-históricos, os processos produtivos de forma artesanais exerciam limitações de uso de materiais com maior plasticidade, enquanto que à medida que o homem foi desenvolvendo novas técnicas de produção foram sendo utilizados novos materiais como os compósitos, polímeros, resinas para prototipagem e outros.

A prototipagem das joias permitiu a liberdade de formas pautada no processo produtivo e na visualização tridimensional da peça em softwares específicos. Embora, Benz e Magalhães (2010), em sua pesquisa perceberam que no Brasil essas tecnologias estão sendo utilizadas basicamente pela indústria joalheira com o objetivo de melhorar a qualidade do produto e agilizar o tempo de criação e produção das peças. O designer de joias brasileiro Antônio Bernardo é um dos exemplos de ter adotado a prototipagem como forma de diferenciação do seu produto e da sua marca. Além disso, suas peças tiveram reconhecimento pela pesquisa e desenvolvimento (P&D) em premiações reconhecidas como o IF¹ e o RED DOT AWARD² (BENZ e MAGALHÃES, 2010).

Dentro do processo de desenvolvimento da joia foram incorporados os softwares de renderização pela capacidade que possuem de simular as condições específicas dos ambientes de aplicação dos produtos como o brilho, luminosidade, além de simular com muita qualidade as características dos materiais aplicados como texturas, cores,

1 **iF Product Design Award**- prêmio de design internacional. Disponível em: < <https://ifworlddesignguide.com/> >. Acesso em 21 de abril de 2018.

2 **Red Dot Award** – concurso de design internacional para design de produtos, comunicação e conceitos de design. Disponível em: < <https://www.red-dot.org/> >. Acesso em 21 de abril de 2018.

reflexos, brilho. Permitem representações realistas dos modelos virtuais, fazendo com que o resultado final possa ser visualizado antes mesmo de qualquer construção (MONTEIRO, 2015). Por mais que novos materiais tenham surgido, os metais ainda exercem sua predominância na joalheria pela sua durabilidade e conformabilidade, seja na joalheria de arte ou na produção em série com uso da prototipagem. Ao se comparar ambos os processos citados, a tecnologia permitiu uma evolução quanto à previsibilidade da forma final do produto por meio de softwares 3D que mostram com detalhes como será o produto final. Além de oferecer cálculos matemáticos para economia de metal e simulação de fundição, evitando bolhas e defeitos na fundição da peça.

A facilidade de visualização oferecida pela tecnologia de softwares aplicados à joalheria passou a requerer habilidade do designer de joias que, segundo Siu e Dilnot (2001), passou a ser também um 'fazedor de formas' através de um modo que não é exigido no processo convencional de concepção através do desenho.

Do ponto de vista do material, os metais utilizados na prototipagem podem ser o ouro que requer um alto investimento ou cobre puro, ou o latão, que é também uma liga de cobre (Cu 70% + Ni 30%). De acordo com Lana (2010), o nível de detalhamento e precisão não se restringe mais a desenhos de representação e detalhamento técnico, mas permite, além disso, que se obtenha diretamente de um modelo tridimensional um sólido real. Cálculos matemáticos realizados em softwares específicos permitem formas elaboradas que não eram possíveis pelos métodos tradicionais de ourivesaria, mesmo contando com modelistas de cera muito habilidosos. A Figura 2 mostra um exemplo de renderização de uma peça feita por cálculos de modelagem tridimensional (LANA, 2010).

Figura 2. (a) Render de peças de joias; (b) Protótipos em resina; Autor: Lana (2010); Autorizado uso pelo autor



Por meio da interpretação das coordenadas do objeto virtual o equipamento de prototipagem as transforma em um objeto real, geralmente em resina ou metal, através de máquinas que executam uma "impressão" tridimensional. O processo ocorre pela deposição de camadas de material, inversamente ao processo que ocorre na tomografia, ou por meio de vários eixos de fresas, que esculpem o modelo a partir de um bloco de

material. Para que joias sejam confeccionadas em metal, algumas tecnologias de prototipagem produzem modelos a partir de resinas, os quais servem como base para a produção de moldes de fundição em metal (LANA, 2010).

De acordo com Lana (2010), os problemas futuros referentes à fundição podem ser previstos por softwares que simulam o processo de fundição, possibilitando a visualização do comportamento do metal ao preencher o molde. Levantam uma série de dados relevantes para avaliação do processo, seja para prever falhas ou para implementar melhorias. O autor relata que o software também permite que o usuário conheça as propriedades termofísicas dos materiais necessárias para a simulação, fornecendo-lhe a opção de adicionar ou fazer mudanças nestes dados, configurados para composições diferentes de liga ou materiais e para atribuir a eles diferentes valores em seu banco de dados.

Para Monteiro (2015), o desenvolvimento da impressão 3D leva a eliminação gradativa dos processos produtivos que acontecem entre o projeto e o produto finalizado, ou seja, aproximando essas duas etapas. Isso traz como consequências a flexibilidade produtiva e simplificação dos processos, além da possibilidade da mudança radical sobre como os produtos serão fabricados no futuro.

Mesmo com todas as vantagens e benefícios oferecidos pela tecnologia de impressão 3D e prototipagem rápida, Benz (2009) afirma que essas tecnologias não substituem por completo o processo tradicional de criação de modelos de joias. Segundo a autora, existem peças e acabamentos que só podem ser feitos manualmente e outras cujo emprego dessas tecnologias não vale à pena, logo, continuarão a serem produzidas por um modelista manualmente.

A comparação entre os processos produtivos tradicionais utilizados na joalheria com as evoluções tecnológicas que proporcionaram a introdução da modelagem 3D e da prototipagem rápida no processo de design de joias mostra o quanto impactou tanto as atividades do designer de joias quanto os processos de produção das empresas.

5. Conclusões

Por meio deste levantamento sobre os materiais e processos produtivos utilizados na joalheria foi possível analisar as aplicações desde os primórdios até a contemporaneidade. Os metais mais utilizados na ourivesaria possuem propriedades que interferem nos aspectos físicos como plasticidade, ductibilidade e maleabilidade, sendo fatores determinantes para aplicação nos processos produtivos específicos. Devido às propriedades físico químicas desses metais, é possível a aplicação de diversas técnicas da ourivesaria, sendo elas artesanais ou industriais.

Enquanto a ourivesaria que se utiliza de técnicas mais artesanais confere a tridimensionalidade à joia por experimentação fundindo modelos em cera, a prototipagem parte de um modelo tridimensional que permite a visualização da joia em todos os ângulos. Embora os metais utilizados nos dois processos sejam os mesmos, a prototipagem oferece uma menor incidência de insucessos na fundição por meio da fundição simulada, permitindo que bolhas e falhas sejam evitadas. Além disso, oferece por meio de cálculos matemáticos uma economia de metal a ser aplicado nas peças, permitindo peças mais leves e com preço final menor, o que refletirá na competitividade da empresa joalheira.

Do ponto de vista estético das peças, embora a joalheria artesanal ofereça liberdade de formas, as joias criadas por meio de software de impressão 3D oferecem formas orgânicas que até seu surgimento não eram vistas, devido às ferramentas de criação oferecidas pelos programas específicos para joias. Mas, mesmo que tenham ocorrido muitas mudanças nos processos produtivos, do ponto de vista dos materiais, a incorporação de novos materiais desde os anos 1920 com o uso de madeira, cerâmica, vidro e outros, foi um embrião para a “Nova joalheria” que veio a se estabelecer na década de 1970 e que atualmente se caracteriza como a joalheria contemporânea. Mesmo que materiais alternativos tenham atuado de forma presente, os metais como cobre, zinco e platina se mantiveram como importantes ligas na ourivesaria, independente dos processos produtivos utilizados.

Referências

- ALVES, F. E., SILVA, P. P., & GUERRA, W. 2010. *Metais do grupo da platina: história, propriedades e aplicações*. Revista da Sociedade Portuguesa de Química, v. 119, p 27-33. Disponível em: <https://www.spq.pt/magazines/BSPQuimica/649/article/30001594/pdf>. Acesso: 19 de setembro de 2016.
- ANTIQUÉ JEWELRY UNIVERSITY – AJU, Dynamic online encyclopedia. *Platinum*. Disponível em: <<http://www.langantiques.com/university/Platinum>>. Acesso: 19 de setembro de 2016.
- BENZ, I. E. 2009. *Inovação no processo de design de joias através da modelagem 3D e da prototipagem rápida*. Dissertação (Mestrado em Design) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- BENZ, I. E.; da Elisabeth; MAGALHÃES, C. F. de. 2010. *Novas tecnologias gerando novos desafios para os designers de joias*. In: 9º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, n.9, São Paulo. Disponível em:

- <<http://www.uni7setembro.edu.br/noticia/9-congresso-de-pesquisa-e-desenvolvimento-em-design/>>. Acesso: 23 de maio de 2018.
- CALLISTER, W. D. 2012. *Ciência e engenharia de materiais: uma introdução*. Rio de Janeiro: Ltc.
- CODINA, C. 2000. *A joalheria: a técnica e a arte da joalheria explicadas com rigor e clareza*. Lisboa: Estampa.
- CORBETTA, G. 2006. *Joalheria de arte*. Porto Alegre: Editora AGE.
- GOLA, E. A Joia: História e design. São Paulo: SENAC/SP, 2008.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO, SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DA MINERAÇÃO DO FERRO E METAIS BÁSICOS. 2015. *Panorama da Mineração em Minas Gerais*. Brasília: IBRAM. Disponível em: <http://www.vale.com/brasil/PT/initiatives/innovation/pua/Documents/WEB_Panorama_MG_v2.pdf>. Acesso: 29 de outubro de 2016.
- KLIAUGA, A. M., & FERRANTE, M. 2009. *Metalurgia básica para ourives e designers: do metal à jóia*. Edgar Blücher, São Paulo.
- LLABERIA, E. L. M. C. 2009. *Design de joias: desafios contemporâneos*. Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo.
- LABORATÓRIO VIRTUAL DE QUÍMICA - UNESP. *Zinco*. Disponível em: <http://www2.fc.unesp.br/lvq/LVQ_tabela/030_zinco.html>. Acesso: 29 de outubro de 2016.
- LANA, H. S. C. 2010. *Análise do processo de fundição de peças de joalheria assistida por software CAD/CAM*. Dissertação (Mestrado em ciência da computação) - Universidade Federal de Ouro Preto. Rede Temática em Engenharia de Materiais.
- LESKO, J. 2004. *Design Industrial: Materiais e processos de fabricação*. São Paulo: Edgar Blücher.
- LIMA, M. A. M. 2006. *Introdução aos Materiais e Processos para Designers*. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda.
- MONTEIRO, M. T. F. 2015. *A Impressão 3D no meio produtivo e o design: um estudo na fabricação de joias*. Dissertação (Mestrado em Design). Universidade do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- NAVARRO, R. F. 2006. *A Evolução dos Materiais: Parte 1 da pré-história ao início da era moderna*. Revista eletrônica de materiais e processos, v.1, n.1, pp 01-11. Disponível em: <<https://aplicweb.feevale.br/site/files/documentos/pdf/32246.pdf>> Acesso: 28 de outubro de 2016.
- ROCIO, M., SILVA, M., CARVALHO, P., CARDOSO, J. 2012. *Perspectivas atuais da indústria de cobre no Brasil*. BNDES Setorial, n. 36. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1481/1/A%20Set.36_Perspectivas%20atuais%20da%20ind%C3%BAstria%20de%20cobre_P.pdf>. Acesso: 15 de agosto de 2018.

RODRIGUES, Mônica Aparecida; SILVA, Priscila Pereira; GUERRA, Wendell. 2012. *Cobre*. Química nova na escola, v. 34, n. 3, pp 161-162. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc34_3/10-EQ-37-10.pdf>. Acesso em 28 de outubro de 2016.

SIU N W C and DILNOT C. *The challenge of the codification of tacit knowledge in designing and making: a case study of CAD systems in the Hong Kong jewellery industry*. The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong, 2001.

THE ENCYCLOPEDIA OF EARTH. *Platinum*. Disponível em: <<http://editors.eol.org/eoearth/wiki/Platinum>>. Acesso: 19 de setembro de 2016.