

## Integração de tecnologias na fundição simulada de jóias de ouro

Wadson Gomes Amorim y Maria Bernadete Santos Teixeira

Ao longo dos tempos, poucos produtos naturais fascinaram tanto a humanidade como o ouro de todos os metais preciosos. Sendo um dos principais insumos da indústria do setor de jóias, é encontrado em abundância e em alto nível de qualidade no território brasileiro, mas essa potencialidade não se manifesta na produção dos produtos dessa matéria prima.

Das 56 toneladas produzidas, apenas 26 toneladas são industrializadas, o que indica um potencial interno bastante significativo a ser explorado.

Na história do estado de Minas Gerais, em todos os tempos, o ouro constitui-se forte marca de identidade que deu origem ao seu nome. Pela dificuldade em nomear todas as minas do território mineiro elas eram chamadas de minas gerais, designação que as cartas régias oficializaram em 1732 como nome do Estado. Durante todo o século XVII os arraiais auríferos contribuíram para uma nova economia que impulsionou a criação das primeiras vilas, despertou vocações industriais e financiou a arte e arquitetura barrocas em Minas Gerais. No início do século XIX esgotaram-se os depósitos de superfície e a mineração no Brasil sofreu um colapso por falta de tecnologia para buscar ouro nas camadas mais profundas da terra. Somente no século XX, com o aprimoramento tecnológico, o país voltou a figurar entre os grandes fornecedores do mundo. Em 2004, a produção de ouro alcançou 47,6 toneladas, segundo o Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM, órgão ligado ao Ministério das Minas e Energia. É um patrimônio que continua trazendo divisas para Minas Gerais, pois o Estado detém 35% das reservas brasileiras.

As empresas mineiras produtoras de ouro são a Anglo-gold Ashanti, Rio Paracatu Mineração, CVRD e Mineração São Bento. Destas, a Anglogold Ashanti é uma multinacional, que sucedeu a antiga Mineração Morro Velho em Nova Lima na região metropolitana de Belo Horizonte, com exploração há 170 anos. Ela responde por 10% de toda a produção nacional. De Minas Gerais retira 37% do ouro que explora no país. Suas atividades são desenvolvidas dentro das técnicas de exploração racional e planejada e seus investimentos têm sido realizados com o objetivo de verticalizar sua produção e alcançar o produto final.

Se na extração o avanço tecnológico é significativo, e o ouro industrial, que é o metal apurado pelas técnicas da indústria mineral em grandes profundidades, representa um marco importante, na produção de produtos joalheiros o setor ainda se ressentido de técnicas adequadas e da falta de oportunidade para industrialização, necessitando melhorar a qualidade do trabalho e o seu grau de qualificação profissional.

Nas empresas do setor existe uma grande variação nos níveis tecnológicos, coexistindo equipamentos rudimentares e obsoletos com outros que incorporam moderna e alta tecnologia.

A indústria brasileira joalheira é ainda pouco organizada, sendo constituída por micro e pequenas empresas que, em sua maioria, não conseguem atingir padrões internacionais de competitividade.

O segmento de empresas fabricantes de jóias é integrado, basicamente, por microempresas (até 20 empregados), que representam 73% do universo. As de pequeno porte (de 20 a 99 empregados) representam com 23% e as de médio porte (acima de 100) com apenas 3,9% (Pesquisa SEBRAE/WGC/IBGM, 1997).

Na média, pode se afirmar que o setor não acompanhou as inovações tecnológicas do final do século passado que alteraram as formas de desenvolvimento do produto.

Há uma defasagem tecnológica no que se refere a máquinas, equipamentos e processos, o que compromete os índices de qualidade e produtividade da indústria brasileira e particularmente a mineira, composta principalmente por empresas de pequeno porte.

Um dos principais entraves ao desenvolvimento dessa indústria apontada por pesquisas do Instituto Brasileiro de Gemas e Jóias - IBGM está na escassez de mão de obra qualificada, principalmente na área de modelagem, etapa fundamental no processo de desenvolvimento de produto.

Hoje as novas tecnologias que possibilitam o desenvolvimento integrado do produto já permitem prever o comportamento real de um produto, pela modelagem matemática e física (prototipagem). Na modelagem matemática um modelo computacional é simulado a partir de características como forma, dimensão e material. Nesse ambiente a simulação possibilita a avaliação e testes, impraticáveis em laboratórios tradicionais, como os efeitos de forças, conexões, juntas, etc, que dão a informação necessária para as correções e alterações antes da construção do protótipo físico. No estágio do protótipo físico, pela forma tradicional, é necessária uma grande e diversificada quantidade de ferramentas, pessoal especializado e maior tempo disponível para os vários modelos até o protótipo final. Pela prototipagem rápida é possível produzir com precisão peças de geometria e formas complexas em menor tempo e com maior qualidade e fidelidade à concepção projetual.

O setor joalheiro, excepcionalmente tradicionalista em seus meios de produção, com pouca exploração desses recursos, principalmente nas empresas de menor porte, por falta de qualificação técnica e profissional, necessita de um sistema eficiente capaz de dar respostas rápidas e eficazes a problemas e dinâmicas do mercado. Um novo caminho para atingir essa eficiência com qualidade e sem desperdício, apontada por pesquisadores como Silva, Yuri Nunes, da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - USP, é a fundição simulada de jóias com o casamento de duas tecnologias: a simulação computacional de processos de fundição e a modelagem computacional para prototipagem. Nesse processo seriam utilizados *softwares* que simulam tridimensionalmente a solidificação de metais, utilizando informações termodinâmicas do material e figuras tridimensionais obtidas por sistemas CAD. CAD (do termo derivado de *Computer Aided Design*), representa o desenho ou projeto auxiliado por computador; sendo uma ferramenta de auxílio ao desenho ou projeto, tornou quase obsoletas

as ferramentas tradicionais de desenho para uso restrito em determinadas áreas. Nas duas últimas décadas, oitenta e noventa, o CAD tem sido a ferramenta mais utilizada nas representações gráficas, pois possibilita maior precisão, rapidez e facilidade de comunicação entre os diversos setores produtivos.

À tecnologia utilizada na indústria joalheira para a obtenção das figuras tridimensionais produzidas em *softwares* específicos é adicionado um *software* de simulação, que permitirá prever problemas de fundição, permitindo alterar a modelagem ou as variáveis do processo em busca de qualidade.

“Essas alterações podem ser o ajuste fino das temperaturas de fundição e de cilindro ou o melhor posicionamento dos canais de alimentação, para evitar porosidades por contração. A simulação prévia da solidificação evitará desperdícios no orçamento e o retrabalho de peças polidas, trazendo redução de custos e qualidade para as peças fundidas”. (Silva, 2006)

Um dos objetivos do Centro de Estudos em Design de Gemas e Jóias é o desenvolvimento de ensaios e experimentos técnicos, formais e materiais na área do design de jóias, orientados para a valorização do patrimônio mineral do Estado. Suas atividades estão vinculadas a programas e projetos voltados para o incremento da competitividade e projeção desses bens e produtos. As redes de ações e parcerias do Centro com instituições públicas e privadas têm permitido ampliar suas possibilidades de atuação para competências específicas na área, e induziram a instalação dos vários laboratórios integrados.

Os Laboratórios Integrados atuam, de forma sistêmica e compreendem o Laboratório de Projetos, o Laboratório de Lapidação, o Laboratório de Prototipagem Rápida e o Laboratório de Cerâmica, instalados com o apoio dos órgãos de fomento FAPEMIG, FINEP, e CNPq e o Laboratório de Ligas de Ouro patrocinado pela empresa mineiradora AngloGold Ashanti. Este laboratório é dedicado ao estudo de possibilidades do ouro nos seus vários aspectos, incluindo a ourivesaria, antiga técnica e matéria base presente em todos os tempos e culturas da história da joalheria e os aspectos tecnológicos mais avançados. Presença marcante nas expressões artísticas e culturais de Minas, o ouro ainda não é explorado interna e tecnologicamente em todo o seu potencial de industrialização e aplicação em produtos.

Este projeto propõe integrar as atividades do Laboratório de Prototipagem Rápida e do Laboratório AngloGold Ashanti de Ligas de Ouro na fundição simulada de jóias e se apóia na necessidade identificada dentro do processo de desenvolvimento do produto de joalheria, de nivelar tecnologicamente as várias etapas do processo.

Na fundição de jóias, um fator que impulsionou a ourivesaria mundial foi o desenvolvimento da microfusão ou cera perdida, considerado mais adequado à produção em série e industrialização de jóias. Mas este processo largamente praticado pelo setor ainda prevê etapas totalmente artesanais que se contrapõem à avançada tecnologia que hoje permite perfurações ultrasônicas de grande precisão e sofisticados acabamentos de superfície.

Durante esse processo, desde o modelo em cera à fundição da peça em metal para obtenção dos fac similis para

a produção, é que grande parte dos problemas têm origem, como por exemplo, o tempo e a temperatura da cera que podem provocar defeitos nas estruturas injetáveis, comprometendo a qualidade da fundição. Esses defeitos como rugas, poros, marcas e rebarbas somente são percebidas após a fundição do metal, ou seja, provêm das etapas anteriores e compromete o produto final.

Com a substituição da etapa artesanal de modelagem, que depende da habilidade manual e prática do modelista, pela prototipagem rápida, conjugada à etapa de fundição, pretende-se otimizar o processo, reduzindo o índice de retrabalho, de perda de material, com garantia de maior qualidade e produtividade, sem comprometer a expressividade formal do objeto original proposto no projeto.

Sendo assim, com o objetivo de otimizar o processo de desenvolvimento do produto de joalheria pelo uso de tecnologias específicas, visando o nivelamento tecnológico, o projeto previu os seguintes procedimentos e métodos:

#### **Etapas de base teórica**

Revisão de bibliografia, cujo conteúdo teórico dará suporte ao nivelamento das informações que contemplam os aspectos básicos envolvidos no processo de desenvolvimento do produto de joalheria, particularmente aqueles relacionados à modelagem e fundição.

Nesta etapa também se dará o levantamento do estado da arte relativo às tecnologias e *softwares* específicos disponíveis, bem como sua aplicação e uso na indústria joalheira.

#### **Etapas exploratória**

Após a identificação dos *softwares* específicos, seleção dos mesmos, que servirão aos estudos independentes e experimentos integrados de modelagem e fundição.

#### **Etapas experimental**

Aplicação do processo explorado em ensaios físicos para observar seus contornos específicos e aspectos pontuais como dinâmica, produtividade e nível de complexidade do processo, dentre outros.

#### **Etapas conclusiva**

Confronto dos processos tradicional e tecnológico a partir de parâmetros como tempo envolvido, qualidade, produtividade e custos.

A partir da modelagem em 3D, da fundição simulada de jóias, chega-se facilmente à criação de objetos inteiros totalmente virtuais, onde é possível não apenas avaliar a interação dos vários componentes, além da possibilidade de confrontar as informações obtidas com o resultado esperado.

Assim, através integração das tecnologias citadas novos caminhos são descobertos, o que fomenta a agilidade de informações, a redução dos custos de cada projeto individual, na medida em que os prazos tornam-se menores para a sua conclusão, além do aumento da produtividade, desde a concepção inicial de um projeto, passando pelo re-projeto até sua finalização, melhorando consideravelmente sua qualidade.

**Referências bibliográficas**

- Mineração e Mineralogia. Joalheria de Ouro no Brasil: Potencialidades do Mercado. Brasília: BNDES Nº 7 29, 1999.
- Silva, Yuri Nunes. Fundação Simulada de Jóias: um caminho para a qualidade sem desperdício.
- Ouro de Minas Gerais, 300 anos de História. Publicação Especial. Jornal Estado de Minas. Belo Horizonte, 2005.
- Salem, Carlos. Jóias: Criação e Design. São Paulo: Prol Gráfica e Editora, 1998.
- Salem, Carlos. Jóias: Modelagem em cera. São Paulo: Múltiplos Editora 2000 Jóias, 2002.
- Untracht, Oppi. Jewelry Concepts and Technology. New York: Doubleday, 1982.
- Scarisbrick, Diana. Jewellery Source Book. London: Quantum Books, 1998.
- Teixeira, M. Bernadete Santos. Novas Possibilidades Formais, Técnicas e Tecnológicas no Desenvolvimento de Linhas de Produtos. Programa Redes
- Dorfler, Gillo. Introdução ao Desenho Industrial: Linguagem e História da Produção em Serie. Rio de Janeiro: Edições 70. 1990. 134p.
- Baxter, Mike. Projeto de Produto, guia pratico para o desenvolvimento de novos produtos. São Paulo: Edgar Blücher, 1998.
- Kunz, Gilberto. Design: a evolução técnica. Vitória - ES: EDUFES, 2002. 115p.
- Cooperativas de Pesquisa do Estado de Minas Gerais. UEMG - FAPEMIG. Relatório Técnico. Belo Horizonte, 2004.

**Internet**

- Site: <<http://www.ibgm.com.br/>>. Acesso em 10/01/2007.
- Site: <<http://www.sebrae.com.br/br/home/index.asp>>. Acesso em 05/01/2007.
- Site: <<http://www.anglogoldashanti.com.br/default.htm>>. Acesso em 05/01/2007.

**Wadson Gomes Amorim.** Estudante de Design de Produto da Escola de Design - Campus de Belo Horizonte (UEMG)

**Maria Bernadete Santos Teixeira.** Professora Mestre e Pesquisadora CDGEM/ ED/UEMG - Campus de Belo Horizonte.

## Hipótesis de análisis conceptual de las relaciones históricas entre el arte (lo bello) y el diseño industrial (lo útil)

Ibar Anderson

### Antecedentes históricos

Se analizará la relación histórica entre los conceptos de belleza y utilidad desde la Antigüedad Clásica y la Modernidad, hasta la actualidad. Para lo cual partimos de entender al arte en el mundo griego antiguo, en el sentido de *tékhnē* griega [actividad de los esclavos], un “saber hacer” según Aristóteles, en el orden práctico del hacer; aplicado tanto a arquitectos, pintores y escultores como a otros trabajadores u artesanos de los oficios. Donde cada uno era el *artifex*, siendo indistintamente –como lo conocemos hoy– tanto “artistas” como “artesanos”. En ellos, su saber hacer-práctico, estaba regido por una razón que hacía objetos tanto útiles como bellos.

Esta modalidad de concebir los objetos, llegó con ligeras variantes, hasta la Edad Media cuando todavía los medievales tenían puestos sus ojos en la Antigüedad clásica. Y si según la *kalokagathía* griega, lo bello era un valor que coincide con lo bueno, en el medioevo decir que los objetos de uso son: bellos-y-buenos [*decorum-y-honestum* o *bonum*] es igual a decir que son bellos-y-útiles [*aptum-y-utile*]. Sometiéndose lo-bello a lo-bueno y a lo-útil, y viceversa; como corolario o conclusión de la “unificación” antigua entre utilidad y belleza que hace que tales objetos de uso sean bellos y buenos [en el sentido de utilidad] simultáneamente.

La expresión *ars* en el medioevo, traduce el concepto griego de *tékhnē* al latín, y conserva el significado original del hacer con conocimiento, propio del intelecto práctico del “saber hacer” que operaba en el oficio del constructor de objetos u *artifex*; conservando la “uni-

ficación premoderna” entre belleza y utilidad en su arte-mecánico. Pensemos, como ejemplo, que el corpus-proyectual de Leonardo Da Vinci [1452-1519], quizás el diseñador más completo hasta donde lo demuestran los registros históricos, según consideraciones efectuadas por los letrados humanistas: era un obrero que trabajaba en las artes-mecánicas [con minúscula. Un arte, en sentido mucho más basto de lo que hoy conocemos restringidamente por bellas artes]; donde se conjugaba el arte-puro [Gioconda] como máxima expresión de la “belleza”, con su arte-aplicado [croquis de ballestas] como máxima expresión de la “utilidad”. Totalmente distanciado de las artes-Liberales [con mayúscula. Que era un arte “letrado”] como el pensar, las letras y la poesía del siglo XIV.

Las artes-mecánicas o manuales [prácticas, propias del “hacer”], se distanciarían de las artes-Liberales [teóricas, propias del “pensar” puro, no ligado a la materia]; no porque el arte-mecánico no dispusiera de una práctica inteligible, sino porque no se basaba en un conocimiento teórico propiamente dicho, sino ligado al mundo empírico de los objetos.

Ya cuando estaba terminándose la Edad Media, se inicia un proceso de “fragmentación moderna” a mediados del siglo XV, en el Renacimiento, que tendió a separar “mente” y “cuerpo” y nos recuerda como momento culminante a la escisión cartesiana del siglo XVII [aunque con anterioridad a René Descartes, fue Aristóteles el primero en plantear una escisión entre materia sensible e inteligible]. Este proceso acompañará a la pintura primeramente y luego a la escultura, a agruparse con las llamadas artes-Liberales o nobles [intelectuales]; separando a la pintura de las denominadas artes-mecánicas o vulgares [manuales] donde se ubicaban primigeniamente. Así empezó a ser considerado lo-bello, puramente, como algo privativo de las nuevas artes-nobles o artes plásticas, y alejadas de las artes-mecánicas que