

2 A revolução digital no design e seu reflexo no setor joalheiro

Nas últimas duas décadas, através da introdução progressiva do computador houve um volume de mudanças na vida de grande parte da população, num curto espaço de tempo, como nunca aconteceu anteriormente. Para se entender melhor a transformação que as tecnologias digitais geraram, pode-se recorrer a Johnson (2001). O autor faz uma interessante comparação do momento atual ao Renascimento, com o surgimento da perspectiva, que mesmo tendo começado apenas como uma inovação técnica acabou mudando todas as relações da sociedade naquela época. Segundo Johnson (2001),

“a analogia histórica mais fértil para esse processo [revolução digital] é a invenção da perspectiva na pintura. Quando Brunelleschi e Alberti descobriram uma maneira de criar a ilusão de profundidade numa superfície bidimensional no início do século XV, suas técnicas – o ponto de fuga, o plano do quadro – podiam ser vistas como mais um *trompe-l'oeil* engenhoso, uma curiosidade. Era sem dúvida um aperfeiçoamento em relação ao espaço visual confuso da arte medieval, mas os artistas estavam sempre descobrindo técnicas novas para promover seu ofício: o *chiaroscuro*, a câmara escura, o pontilhismo. No entanto, a perspectiva veio a se revelar mais do que pequeno aperfeiçoamento do repertório do pintor. Os estudos matemáticos de Alberti e Leonardo transformaram não apenas a linguagem espacial da pintura europeia como também o papel do próprio artista, elevando a pintura a uma estatura cognitiva mais elevada – mais próxima da ciência e da filosofia que do entretenimento popular, e ao fazê-lo ajudou a criar toda a noção do artista como um intelectual. Talvez mais importante, com a perspectiva o campo visual passou a ser centrado do ponto de vista humano, deixando de ser um *locus* desencarnado ou divino, mudança que foi imitada em incontáveis disciplinas ao longo dos séculos XIV e XV, à medida que intelectuais, artistas e cientistas passaram a alicerçar seu trabalho na realidade física, vivenciada pelo corpo humano.” (Johnson, 2001, p. 155-156).

Bürdek, em seu livro “Design – História, Teoria e Prática do Design de Produtos” (2006, p. 403), confirma essa idéia mostrando que “a passagem do análogo para o digital não se limita a uma tecnologia e sim, a uma verdadeira revolução cultural”.

O início desse processo se dá nos anos 70 com “o desenvolvimento e a comercialização dos microprocessadores (unidade de cálculo aritmético e lógico localizada em um pequeno chip eletrônico)” (Lévy, 1999, p. 31), que abriram uma nova fase de automação de setores industriais e alguns setores terciários, como

bancos e seguradoras. Como o mesmo autor também nos aponta, iniciou-se assim uma busca sistemática de ganhos de produtividade por meio de várias formas de uso de aparelhos eletrônicos, computadores e redes de comunicação de dados, que continua até hoje.

Mas foi com a invenção do computador pessoal que essa tecnologia começou

“a escapar progressivamente dos serviços de processamento de dados das grandes empresas e dos programadores profissionais para tornar-se um instrumento de criação (de textos, de imagens, de música), de organização (bancos de dados, planilhas), de apoio a simulação (planilhas, ferramentas e apoio à decisão, programas pra pesquisa) e de diversão (jogos) nas mãos de uma proporção crescente da população dos países desenvolvidos” (Lévy, 1999 p. 31-32).

E o design, juntamente com outras atividades projetuais, como por exemplo a arquitetura, também não ficou incólume a essas transformações, que acabaram gerando, desde sua introdução até os dias de hoje, grandes mudanças conceituais em todos os campos de atividades exercidas pelos designers. Além da popularização das tecnologias digitais terem injetado uma grande dose de liberdade no exercício do design (Cardoso, 2004, p.212), essa tecnologia, segundo Bürdek (2006), abriu novas possibilidades para a atividade em três diferentes níveis:

- a. “os produtos microeletrônicos foram rapidamente reconhecidos com um campo ampliado de atividade de projeto. [Exemplo disso é] o engajamento do escritório de design Frogdesign de Hartmut Esslinger na Califórnia e seu trabalho legendário para a empresa Apple.
- b. a rápida desmaterialização dos produtos se direcionava para novas formulações de temas: o design de interação e de interface passou a ser um das mais importantes áreas de tarefas para os designers de produto.
- c. pelo aumento exponencial das possibilidades gráficas dos computadores foram colocadas grandes esperanças no campo do CAD – Projeto Assistido por Computador. Depois que as expectativas iniciais não se confirmaram abriram-se novas mudanças paradigmáticas no processo de projeto, de construção e de produção” (Bürdek , 2006, p. 403 - 404).

Como o mesmo autor nos indica, essas novas possibilidades criadas através das “ferramentas digitais” trouxeram transformações nos processos de projeto, de construção e de produção, exigindo um paralelismo dos processos de criação do projeto, de construção de modelos, de prototipagem rápida e de produção dos objetos (Bürdek, 2006, p. 416 - 417).

Para Guillermo “o uso da tecnologia do digital favorece a compreensão do ambiente do design como senda da virtualidade” (Guillermo, 2002, p. 24). Já que ao conceber uma idéia e definir um conceito o designer está atuado no pensamento, “no ambiente virtual”. E isso acontece principalmente, quando o designer busca uma inovação radical, buscando em uma realidade que antes não existia (Guillermo, 2002, p. 99).

Esse processo de apropriação da tecnologia computacional pelo designer só conseguiu se concretizar quando começou a haver a preocupação com o *user friendly* – acessibilidade – diminuindo o seu grau de complexidade de manejo e tornando os computadores mais simples de usar (Guillermo, 2002, p. 100).

Para Albuquerque (2003) a questão do “*user friendly*”, também foi muito importante para a introdução da tecnologia digital no design:

“Com a popularização dos microcomputadores e o desenvolvimento das interfaces amigáveis dos *softwares* gráficos, desenhos e modelagens tridimensionais podem ser diretamente desenvolvidos na tela do computador. O desenho técnico abandona as pranchetas, para ser feito através do CAD (*Computer Aided Design*), sem a necessidade do profissional da área gráfica adquirir conhecimentos de programação, bastando apenas conhecer as ferramentas de um *software* específico para sua área” (Albuquerque, 2003 p. 30).

Através do “*media chronofile*” de Cotton & Oliver (1997, p.20-21), podemos ver que para os designers, o marco dessa “acessibilidade” se dá nos anos 80, com a criação pela Apple do sistema de “*Desktop Publishing (DTP)*” e dos hardwares “Apple II” e “Apple Laserprinter”. Além disso, os softwares da Adobe “*Postscript Page Descriptions Language (PDI)*” e da Aldus “*Pagemaker*” também foram decisivos para aproximar os designers da tecnologia digital. Iniciada pela tipografia, a revolução digital no design se expande para a imagem através dos scanners e do software da Adobe “*Photoshop*”, e só mais tarde – como poderá ser visto no sub-capítulo seguinte – é que a modelagem tridimensional se populariza entre os designers.

Como pode-se perceber, o *software* é uma interface importante para definir esta “acessibilidade” entre o usuário e o tecnologia computacional. Segundo Albuquerque (2003), existem dois tipos de *softwares* específicos para a área de design no mercado:

“aqueles com base na sucessão de pontos, os chamados programas *bitmaps* (mapas de *bits*) ou matriciais (varredura regular), que permitem produzir desenhos ilustrativos com qualidade fotorealística (mostrando áreas preenchidas com cores e padrões); e os programas com base em sistema vetorial (varredura aleatória), que permitem produzir desde um desenho técnico com precisão, desenhando linhas contínuas e suaves, até

a modelagem tridimensional de objetos e personagens. (Albuquerque, 2003 p. 31).

Quanto à modelagem tridimensional, a autora nos mostra que ela faz parte desses dois mundos:

“enquanto modelagem, manipulando o *wireframe*, o ambiente é vetorial. O resultado da renderização é uma imagem *bitmap*, que pode ser estática ou animada. Nas áreas de engenharia e arquitetura é comum fazer uso de softwares vetoriais, que hoje praticamente substituem as antigas pranchetas de desenhos técnicos. Mas a área projetual não parou somente nos desenhos bidimensionais extremamente precisos, oferecidos através dos softwares gráficos. Os sistemas CAD oferecem uma nova dimensão do ato de projetar e apresentar os projetos.

Através da modelagem tridimensional podem ser construídos diferentes cenários, desde uma cidade até um layout de ambientes internos, como lojas, cozinhas, escritórios, sendo que qualquer elemento mobiliário, material, iluminação ou ângulo de visão pode ser alterado rapidamente, sem a necessidade de uma nova produção” (Albuquerque, 2003 p. 31).

E, é a respeito desta “nova” dimensão para o design que os sistemas de modelagem tridimensional ou 3D oferecem que iremos tratar mais detalhadamente a seguir.

2.1 Os sistemas de modelagem tridimensional (CAD/CAM)

O primeiro software que apresentava uma interface gráfica, permitindo que projetistas criassem desenhos técnicos diretamente em um monitor através de uma caneta ótica foi o *Sketchpad*. Criado como resultado de sua tese de doutorado no MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) por Ivan Sutherland em 1961, ele já incorporava comandos para aproximar e distanciar a imagem (*zoom in* e *out*), além de ferramentas de criação de linhas retas e interseções precisas (D’Alessandri Forti, 2005, p. 10).

Os conceitos iniciais de Sutherland resultaram no primeiro software CAD comercial, lançado na década de 70, e foram utilizados basicamente nas grandes indústrias aeronáuticas, automotivas e eletrônicas, em razão dos custos elevados dos computadores necessários para se trabalhar com essa tecnologia.

“No início dos anos 80, começaram a ser lançados os primeiros *softwares* CAD comerciais com recursos de modelagem tridimensional.

Os resultados do uso dessas ferramentas foram positivos, e conforme o custo dos computadores foi sendo reduzido e seu desempenho matemático melhorado, outras empresas começaram a incorporá-las, até

por fim chegar aos computadores domésticos.“ (D’Alessandri Forti, 2005, p. 11)

Mas só nos anos 90, com o surgimento de softwares CAD para os computadores pessoais baseados na plataforma Windows (D’Alessandri Forti, 2005, p. 12-13) é que o processo de modelagem 3D começa a ser difundido em outros setores, como por exemplo a arquitetura e o design. No final desta mesma década, surgem programas como por exemplo o Rhinoceros (de modelagem NURBS), que eram mais intuitivos e “*user friendly*”, permitindo que profissionais de quase todos os setores da indústria, desde aeronáutica e automotiva até a de móveis e moda, começassem a projetar os seus produtos virtualmente.

Bürdek (2006) levanta uma interessante questão que não deve ser ignorada. Para o autor nesses primeiros anos os sistemas CAD/CAM

“aproximaram os designers da ilusão de possuir os instrumentos adequados ao processo de projeto. Somente a suposição de que o CAD (*Computer Aided Design*) significaria o Design feito com o computador foi um pouco precoce, o que se tinha na verdade era Desenho feito com computador (*Computer Aided Drawing*) (Bürdek , 2006, p. 411 - 412)”.

Já que os hardwares CAM para “impressão” tridimensional, ou prototipagem rápida desses modelos ainda não eram pouco acessíveis aos designers. Mesmo assim, segundo o mesmo autor, “nessa época, já se antevia que o potencial das tecnologias CAD/CAM não se restringiria aos desenhos gerados, mas se aplicaria na modificação dos processos de projeto e de manufatura como um todo” (Bürdek, 2006, p. 412)”.

De qualquer maneira, Albuquerque (2003) mostra que,

“com as ferramentas de CAD, os projetistas passam a ter à sua disposição editores de desenho bidimensionais, modeladores tridimensionais, recursos de *rendering*, animação e, até, de realidade virtual.

[...] Dentre todas essas maneiras de representação, a modelagem tridimensional digital permite ao projetista uma nova maneira de encarar o projeto. A facilidade e rapidez de representação e modelagem oferecidas pelas ferramentas informatizadas deixam o projetista livre dos entraves das atividades “mecânicas” da representação gráfica para pensar as diferentes alternativas de um projeto. Isto não significa o abandono dos conhecimentos básicos de geometria em função do aprendizado de um software, mas sim da disponibilização de uma nova ferramenta” (Albuquerque, 2003 p. 36).

A mesma autora aponta ainda que, a grande vantagem da tecnologia CAD-CAM frente ao modelo tradicional

“está na agilidade e, principalmente, no reaproveitamento de um mesmo desenho para diferentes etapas da representação do projeto. Para quem projeta, o desenho tem que ter uma finalidade extremamente prática. Os antigos métodos de representação da perspectiva cônica, com maior aplicação nos desenhos figurativos, abrem espaço ao novo ponto de fuga digital, proporcionado pela simulação de ferramentas como, por exemplo, a câmera de um software (3D MAX, por exemplo). Para construir uma perspectiva com um software de modelagem tridimensional, basta construir o seu modelo, obtendo-se, a partir daí, uma infinidade de opções para o melhor “ponto de fuga” e para sua visualização” (Albuquerque, 2003 p. 33).

Segundo a mesma autora (2003 p. 36), esse novo sistema também permite que haja uma integração entre os processos de visualização, simulação e produção a partir de um mesmo desenho. Depois desse desenho ser modelado tridimensionalmente no computador – modelo em CAD – pode-se criar um volume físico através de técnicas de prototipagem rápida como a estereolitografia, pode-se obter desenhos técnicos cotados para a execução do objeto através de modos tradicionais, pode-se criar uma imagem fotorealística através da visualização do *rendering*, ou mesmo uma simulação de movimentos através de animação. Também é possível gerar estudos de iluminação e sombreamento, análise volumétrica, análise de esforços mecânicos, entre outras coisas.

Para transformar esses modelos CAD (modelo virtual) em um volume físico é preciso usar softwares CAM. Os softwares CAM preparam algoritmos e programas que controlam máquinas ferramentais.

“A principal vantagem da tecnologia CAM é a capacidade de reproduzir fielmente uma peça a partir de um arquivo digital utilizado para controlar máquinas [...]. Métodos antigos, como a utilização de desenhos técnicos e máquinas controladas manualmente por homens, são imprecisos e sujeitos a erros, além de serem processos de fabricação bem mais demorados. Outra vantagem do CAM é que ele permite análises, através de simulações gráficas, de todas as operações realizadas pelas máquinas [...], permitindo que a fabricação seja otimizada” (D’Alessandri Forti, 2005, p. 16).

O processo inicia com o modelo 3D da peça no CAD sendo “fatiado” eletronicamente, obtendo-se curvas de níveis 2D que definirão, em cada camada, onde existe ou não material. Estas camadas serão então processadas seqüencialmente, gerando-se a peça física.

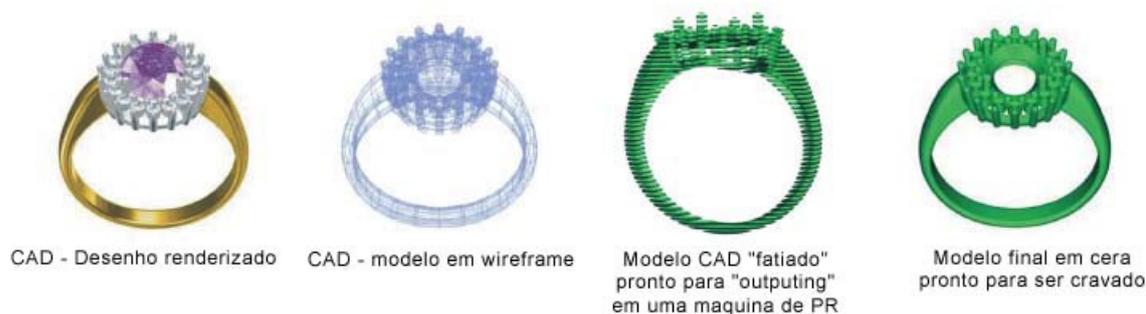


Figura 1- Processo criação de um anel através da tecnologia CAD/CAM, adaptado de Cooper (2005, p. 118)

Esse processamento pode se dar basicamente por duas formas distintas: com a tecnologia de subtração e ou com a tecnologia de adição.

Apesar de algumas comunidades internacionais consideram prototipagem rápida apenas os processos aditivos, excluindo do termo os processos subtrativos, essa afirmação não é um consenso (Almeida, 2008, p.5). Como em ambas os processos é preciso modelar o objeto em um programa CAD, para que depois uma equipamento execute o modelo – sem que seja necessário a modelagem manual, irá-se considerar nesta dissertação tanto o processo de adição quanto o de subtração prototipagem rápida.

A prototipagem rápida por subtração – ou como encontramos em alguns lugares, a prototipagem rápida por usinagem CNC – apesar de possuir algumas restrições geométricas, em razão de seu menor custo ainda está muito presente no mercado. Outras vantagens da tecnologia por subtração é “uma melhor precisão dimensional possível de ser alcançada e a gama de materiais que podem ser utilizados” (Volpato *et al.*, 2007, p. 28).

Já a tecnologia por adição – ou como alguns autores chamam de prototipagem rápida ou prototipagem rápida por adição⁷ – tem como uma das

⁷ A prototipagem rápida por adição pode ser dividida, segundo Volpato et al (2007), em:

- a. líquido: a matéria-prima utilizada se encontra em estado líquido e através de laser UV ou jateamento de uma resina líquida exposta posteriormente a uma luz UV é solidificada;
- b. sólido: os materiais utilizados encontra-se em forma de filamento, lâmina, ou uma qualquer forma que é fundido antes de sua deposição, ou que recortam uma lâmina do material adicionado; e
- c. pó: a matéria-prima está na forma de pó e o seu processamento é feito através de laser ou de um aglutinante aplicado por um cabeçote tipo jato de tinta.

principais vantagens a independência da complexidade geométrica da peça, podendo-se obter formas geralmente impossíveis de serem alcançadas por outros sistemas. Entre as desvantagens encontramos a imprecisão e o acabamento superficial, que são inferiores ao acabamento das peças obtidas por subtração – esse fator tem uma enorme importância no caso da execução de modelos para joias, que tem uma escala reduzida e precisam dessa precisão e acabamento na superfície das peças –, e também, os altos custos envolvidos em todos esses processos, tanto na obtenção do equipamento, quanto na reposição das matérias-primas para a execução dos modelos de representação dos produtos.

2.2 A prototipagem dos modelos de representação de produtos

As atividades projetuais – principalmente o design e arquitetura - sempre fizeram uso de representações tridimensionais de objetos projetados para poderem apresentar as idéias aos clientes, executar detalhamento técnico, realizar análises de material, ergonômica ou formal dos produtos projetados, etc.

Segundo Volpato *et al.* (2007, p. 18-25) as principais funções dessas representações tridimensionais ou modelos, podem ser divididas em dois grupos distintos:

Grupos	Tipos de representações
Representação de produtos nas fases iniciais do PDP	Maquete – muito usada no trabalho arquitetônico
	Modelos volumétricos – um tipo de “rascunho tridimensional”
	Mock-ups – imitação do produto final
	Modelos de apresentação – modelos para apresentação em eventos que se aproximam ao máximo da aparência final do produto
Representação de produtos nas fases mais adiantadas do PDP	Protótipo físico ou visual – protótipo de prova de conceito, usado para testar rapidamente idéias, montagens experimentais focado na geometria não nos aspectos de material
	Protótipo analítico ou virtual - uma maneira não tangível usualmente matemática, de representar um componente ou produto, onde a análise é feita computacionalmente.
	Protótipo parcial ou focalizado - implementa alguns atributos de um produto, sendo usualmente subsistemas do mesmo.
	Protótipo completo ou funcional – implementa a maioria, senão todos os atributos de um componente individualmente ou de um produto como um todo

Quadro 25– Funções dos principais tipos de representações tridimensionais

Já D'Alessandri Forti (2005, p. 5) divide os modelos em dois tipos diferentes: os não funcionais e os funcionais.

“O primeiro tipo geralmente recebe o nome de maquete, *mock-up* ou simplesmente modelo. Enquanto o segundo é chamado de protótipo. O protótipo é um modelo funcional – físico ou virtual - do produto usado para testes práticos, que devem ser feitos antes da produção industrial. Seu objetivo é permitir que se descubram possíveis erros não previstos no projeto. Caso seja encontrado algum problema, modificações são feitas e é construído um novo protótipo, que deverá ser testado novamente. Esse processo se repete sucessivamente até ele funcionar de acordo com suas especificações. Uma vez que isso acontece, o produto está pronto para ser produzido em larga escala.”

Como as representações tridimensionais eram, até bem pouco tempo atrás, feitas manualmente elas se tornavam demoradas e dispendiosas. Por isso, “a introdução das tecnologias de RP [prototipagem rápida] promoveu um grande avanço na área de uso de protótipos, nos aspectos custo e tempo para a manufatura” (Volpato *et al.* 2007, p. 26).

É importante lembrar que além das funções práticas apresentadas acima, os objetos ainda possuem funções estéticas e simbólicas (Löbach, 2000, p. 67), que englobam forma, cor, tamanho, superfície, etc... e que através das tecnologias CAD e/ou CAM essas funções podem ser também avaliadas com maior precisão.

Fonseca e Peixoto (2004) destacam as principais vantagens da tecnologia de prototipagem rápida:

- a. “a eficiência e rapidez na realização da interface entre os desenhos elaborados em sistemas CAD/CAM e a rápida obtenção de modelos físicos em 3 dimensões que, dependendo do material empregado e da sua aplicação, podem até ser submetidos a testes funcionais;
- b. a avaliação do projeto (modelo funcional) e subseqüentes modificações “*in loco*” que se façam necessárias, reduzindo de forma excepcional o tempo entre a idealização de um produto e o seu conseqüente lançamento no mercado;
- c. a melhoria da qualidade e da produtividade e a redução dos custos de produção, executando-se em questão de horas um processo que poderia levar semanas se realizado pelos métodos tradicionais;
- d. a possibilidade de elaboração de ferramental protótipo e moldes duráveis para a produção de lotes medianos de peças;

- e. a possibilidade de realizar, com prazos e custos reduzidos, constante pesquisa e desenvolvimento para manter e/ou melhorar a competitividade dos produtos;
- f. a grande flexibilidade e agilidade para modificações nas fases de criação, desenvolvimento e/ou fabricação de produtos (Engenharia Simultânea);
- g. a facilidade na reprodução de peças únicas para as quais não existam desenhos detalhados nem moldes, geralmente para fins de manutenção ou desenvolvimento de novos produtos a partir de produtos já existentes (Engenharia Reversa)” (Fonseca e Peixoto, 2004).

Segundo Volpato *et al* (2004, p. 203-204) essa representação tridimensional de peças únicas sem desenhos detalhados nem moldes, pode ser criada com a utilização direta de modeladores geométricos, mas conhecidos como sistemas CAD, através de scanners industriais (a laser ou luz branca) – que são capazes de copiar a geometria de um objeto físico (engenharia reversa) – ou através de scanners médicos, como a tomografia computadorizada ou a ressonância magnética.

2.3 A prototipagem rápida no setor de joias

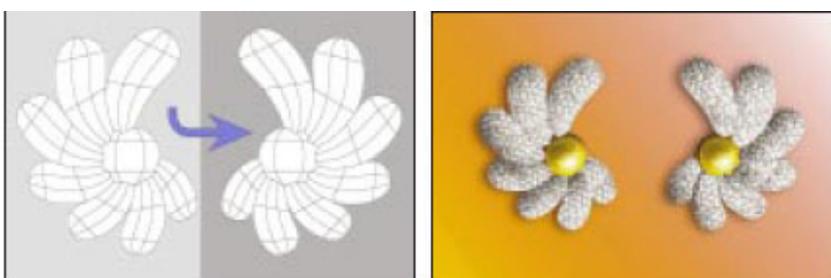
Como no setor joalheiro não existe a preocupação de codificar o conhecimento, não foi possível saber ao certo quando a tecnologia de modelagem 3D e prototipagem rápida começou a ser incorporada pelas empresas de joias. Podemos apenas supor, através do lançamento dos primeiros *softwares* específicos para a modelagem de joias como o por exemplo o Jewel-CAD, que ela tenha ocorrido por volta de 1990. Para ser utilizada, apenas em máquinas de prototipagem rápida por subtração (ou por usinagem CNC).

Segundo Matsumura (2004) a primeira máquina de estereolitografia (SL) – prototipagem rápida por adição - desenvolvida para a indústria joalheira, a Meiko LC 510, foi lançada no mercado em 1994. Mas fatores como *i.* a irregularidade na superfície dos modelos; *ii.* a dificuldade de se dissolver os modelos em resina no processo para a fundição do metal; *iii.* o custos tanto da máquina quanto da lâmpada laser “de reserva”; e, *iv.* a conjuntura econômica em que o setor se

encontrava no momento, impediram que a máquina se tornasse um sucesso comercial.

Por volta de 1996, a empresa americana Solidscape Inc lançou uma máquina que tomou conta do mercado da época: a ModelMaker II. Usando uma tecnologia de Impressão a Jato de Tinta (IJP) os modelos já saíam em cera, é podiam assim ser usados diretamente para serem fundidos (Matsumura, 2004).

Juntando esta tecnologia, que trazia menos problemas técnicos que a anterior, com o surgimento do software de modelagem 3D Rhinoceros, que era mais *user friendly* e tinha até mesmo um *plug in* exclusivo para a modelagem de joias, permitiram que a prototipagem rápida começasse a ser incorporada então mais efetivamente pela industria de joias internacional.



Fazendo a uma copia exata, através do espelhamento



Usando o CAD para criar variações de tamanho

Repetindo formas para criar recortes precisos

Figura 2- Vantagens do sistema CAD/CAM (fonte: Molinari et al, 1998, p.6-7)

Para Molinari *et al* (1998, p.6 -7), desde da introdução desta tecnologia no setor joalheiro algumas vantagens do sistema CAD/CAM foram logo identificadas, como por exemplo a criação de modelos “espelhados” – que é muito usada ao se desenhar brincos.

Enquanto no modo de produção tradicional, ou seja, manualmente, depois de se criar o primeiro pé de brinco é preciso se copiar o outro pé absolutamente igual ao primeiro, repetindo todo o processo novamente, com o computador usando-se apenas um comando do programa realiza-se essa operação em uma fração do tempo, simplificando muito o processo.

Seguindo o este mesmo raciocínio, a variação de tamanho também se torna um processo muito simples como podemos ver no exemplo acima. E o

mesmo princípio também pode ser usado para a alteração de medidas em aros em anéis. Outra vantagem está na repetição de recortes, como no exemplo da pulseira de coração acima. Se fossem feitos manualmente o ourives levaria muito tempo para executar estes recortes e eles não ficariam tão iguais entre si.

Nesse primeiro momento de uso da tecnologia, não havia ainda um questionamento sobre as novas “possibilidades formais” que ela poderia incorporar ao repertório estético da joalheria, apenas se pensava nela como uma ferramenta de melhoria da produtividade e da qualidade das joias – através de um maior controle e de uma maior precisão das formas.

“Muitas empresas se aproximaram desse novo método a princípio com relutância e principalmente sob aspectos que tinham relação com fatores econômicos. Mas suas verdadeiras vantagens vão muito além da redução de custos, já que ele permite a reinterpretação e uma nova interpretação de formas e modelo de fabricação existentes – que só é percebido muitas vezes num segundo momento. Sua utilização de modo conseqüente e criativo pode levar a novo e inovativos princípios, tanto no design quanto na produção.

[...] Empresas, que trabalham com CAD, podem se arriscar em criar formas que, pelos métodos tradicionais não podem ser executadas” (Marquardt, 2005, p. 36, livre tradução).

Atualmente, com a tecnologia mais madura, o setor joalheiro começou a explorar essas “novas” possibilidades formais que a criação e execução de modelos através de programas CAD-CAM oferecem. Como se pode ver nas joias de fabricantes nacionais, essas novas possibilidades formais podem ser divididas em:

- a. reprodução de *patterns* e estampas - 1;
- b. reprodução de texturas (bordados, plissados, peles de animais, etc.) – 2 e 3;
- c. inscrição de palavras, frases, nomes e marcas – 4 e 5;
- d. criação de superfícies através da repetição de formas – 6 e 7;
- e. recortes precisos em superfícies não planas – 8 e 9; e
- f. criação de formas complexas - 10.



Figura 3- Novas possibilidades técnicas e formais abertas através da modelagem 3D e da prototipagem rápida: 1. Denoir (<http://www.feninjer.com.br/action/pt/visitante/tendencia40>, acessado: 03.02.2009), 2. Mirandouro (press-release, 2009), 3. Manoel Bernardes (www.joiabr.com.br, acessado: 03.02.2009), 4. Guilherme Duque (www.guilhermeduque.com.br, acessado 03.02.2009), 5. Seven Metais (press-release, 2009), 6. Gênese Joias (<http://joiabr.blogspot.com/2008/08/feira-de-jias-em-so-paulo.html>, acessado 03.02.2009), 7. Guerreiro (www.guerreiro.com, acessado 10.04.2009), 8. Vianna (press-release, 2009), 9. Vancox (www.vancox.com.br, acessado: 10.04.2009), e 10. José Hadad by FR Hueb (<http://www.joiabr.com.br/designer/jhadad.html>, acessado 03.02.2009)

2.3.1 A introdução da prototipagem no Brasil

Em setembro de 1999 o IBGM – Instituto Brasileiro de Gemas e Metais e o INT – Instituto Nacional de Tecnologia, firmaram um acordo de cooperação

técnica visando à implementação do Centro de Prototipagem para o Setor Joalheiro – o primeiro na América Latina. Criado com o objetivo consolidar no LAMOT – Laboratório de Modelos Tridimensionais a implementação de equipamentos e softwares de última geração em prototipagem rápida para a confecção de protótipos, moldes e matrizes que atendessem a demanda das empresas do setor de gemas e metais no estado do Rio de Janeiro, o projeto, sob a coordenação da AJORIO – Associação de Joalheiros e Relojoeiros do Estado do Rio de Janeiro, também se propunha a capacitar mão-de-obra nessa tecnologia, para atender a demanda das empresas de joias.

Buscando apoiar as empresas interessadas na modernização de suas atividades no desenvolvimento de novos produtos, aumentando sua competitividade no mercado internacional e nacional e agregando valor aos produtos por meio do design, as atividades do Centro de Prototipagem Rápida para o Setor de Gemas, Joias, Bijuterias e Afins tentou unir o conhecimento do designer de joias com a experiência do designer gráfico em programas 3D.

A tecnologia empregada era a modelagem rápida por adição, e a máquina escolhida foi a ModelMaker II – lançada em por volta de 1996 no mercado. O programa de modelagem utilizado era um específico para o design de joias: o JewelCAD.

Segundo o *Relatório de atividade do projeto: Implementação do Primeiro Centro de Prototipagem Rápida da América Latina para o setor de Gemas, Joias, Bijuterias e Afins* (INT, 2002), em uma primeira fase do projeto além da aquisição e instalação do equipamento e dos softwares no LAMOT, um profissional do INT foi enviado ao EUA para um rápido treinamento na sede da empresa fabricante do equipamento. Foi realizada também a contratação e capacitação de bolsistas, através do apoio da FAPERJ – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro, para operação dos novos equipamentos e atendimento às empresas de joias.

Após uma fase inicial de estudos do software, no início do ano 2000, o LAMOT começou a realizar testes de projeto e construção de protótipos com o equipamento. Os modelos executados foram fundidos em uma empresa de joias e apesar da qualidade da superfície não ter alcançado um resultado ideal – ela apresentou leves ranhuras, que precisaram ser eliminadas através de processo tradicional, os conhecimentos adquiridos através dessas dificuldades encontradas, dos erros e acertos foram essenciais para se começar a dominar a tecnologia, antes que ela fosse oferecida às empresas de joias.

Nessa primeira fase da pesquisa os conhecimentos nas áreas de construção com o programa de modelagem JewelCAD foram também aprimorados. Mas os pesquisadores relatam terem sentido algumas dificuldades pelo software ser pouco intuitivo, tornando o processo de modelagem lento.

Terminada a primeira fase do projeto, em abril de 2002 foi convidado, como pesquisador visitante, um mestre em joalheria *i.* para a geração de parâmetros de avaliação da complexidade dos modelos, *ii.* para a determinação dos dimensionamentos das peças e *iii.* para a furação destinada às cravações. Este consultor criou uma peça através de técnica tradicional de modelagem em cera, que foi escaneada tridimensionalmente. A peça foi “tratada” no software de modelagem 3D e prototipada. Em seguida esse consultor, através de técnica tradicional – ou seja, artesanalmente – preparou a furação do modelo para a cravação pavê.

Em outubro de 2002 foi apresentado um relatório onde o consultor contratado levantou pontos importantes:

- a. a importância do domínio técnico do operador sobre o processo de modelagem e prototipagem;
- b. a fragilidade do material empregado (cera) que levou a destruição parcial ou total dos modelos;
- c. a necessidade de minimização das linhas de construção aparentes nas superfícies [as ranhuras citadas anteriormente], características do processo de deposição de camadas da ModelMaker II;
- d. e a necessidade de se continuar a pesquisa para conseguir criar os parâmetros para o desenvolvimento dos projetos de modelagem tridimensional.

Durante essa segunda fase também começou-se a utilizar um novo software de modelagem 3D o Rhinoceros, que era mais fácil de ser usado, além de proporcionar a utilização de mais recursos que o JewelCAD usado anteriormente. E buscou-se também alternativas para a material de consumo importado, através de quebra da fórmula das ceras, que encareciam muito o processo. Mas como não foi possível estabelecer as proporções de cada elemento para a criação de uma “cera genérica”, os custos de execução dos modelos continuaram altos.

Paralelamente a esse processo de pesquisa criou-se no INT um curso para designers de joias, visando formar junto a esses profissionais uma cultura de

criação de joias através da modelagem tridimensional. Foram os profissionais formados neste curso que, mas tarde começaram a difundir a tecnologia no setor, abrindo cursos em outros estados ou empresas de prestação de serviços em prototipagem rápida, tanto por subtração, quanto por adição.

No final de 2002, segundo o relatório *Operacionalização do Primeiro Centro de Prototipagem Rápida da América Latina para o setor de Gemas, Joias, Bijuterias e Afins* (INT, 2003), conseguiu-se atingir uma qualidade considerada satisfatória pelos participantes da pesquisa – principalmente os “clientes” do setor joalheiro, e os pesquisadores do INT focaram então suas ações na fabricação de protótipos resultantes de demandas de algumas empresas selecionadas pela AJORIO. Durante todo o ano foram realizados os modelos criados pelas empresas.

Cinco “clientes” do setor joalheiro, entre empresas e designers autônomos, apresentaram projetos – num total de 17 projetos - onde foram testados as diferentes formas e graus de dificuldade de execução. Na tabela abaixo podemos ver um resumo dessas atividades.

cliente	tipo de peça	projeto	tempo de modelagem	tempo de prototipagem	escala	objetivo do teste	resultado do teste
1	Anel “Entalhe”	foto	10:00 hs	18:00 hs	2:1	construção de superfícies com angulação negativa	muito satisfatório, faria mais testes no futuro
2	Brinco “Trelça”	desenho técnico	10:30 hs	6:20 hs	1:1	Modelo complexo, exigiu estudo detalhado da peça, ensaios com várias ferramentas do programa e computador de alta velocidade	Algumas partes do modelo não resistiram ao processo de limpeza do protótipo
	Anel “Trelça”	desenho técnico	7:40 hs	13:20	1:1		
	Anel “A Vida é Bela”	desenho técnico	5:30 hs	19:00 hs	1:1	Verificar o resultado de aplicação de texto em alto relevo sobre uma superfície plana	Dificuldades de apurar o modelo em metal entre as letras, em razão de “relevos” na parte que deveria ser lisa
	Brinco “Chapa”	desenho técnico	1:30 hs	1:50 hs	1:1	Dimensões reduzidas dos detalhes internos	O modelo simples poderia ter sido executado pela técnica tradicional
	Botton	Logo da empresa	1:30 hs	2:20 hs	1:1	Dimensões reduzidas e complexidade das letras	Foram geradas duas alternativas: uma plana e outra em um outline de degrau
	Anel 1 “Harley Davison”	[dado não informado]	8:00 hs	17:00 hs	1:1	Testar a aplicação de	[dado não informado]

	Anel 2 “Harley Davison”	[[dado não informado]	12:00 hs	21:00 hs	1:1	letras, números e logomarcas em superfícies cilíndricas (anel), gerando alto e baixo relevo	
	Anel 3 “Harley Davison”	[dado não informado]	6:00 hs	19:00 hs	1:1		
3	Anel “Fita Enrolada”	Modelo em Rhinoceros	desconhecido	18:00 hs	1:1	Testar um design diferenciado	Durante o processo de limpeza do protótipo surgiram rachaduras que acabaram por quebrar o modelo
	Anel “Fita Enrolada 2”	Modelo em Rhinoceros	desconhecido	19:00 hs	1:1	Testar novas possibilidades para corrigir os problemas que se apresentaram na primeira versão	[dado não informado]
	Anel “estrutural”	Modelo em Rhinoceros	desconhecido	14:00 hs	1:1	Testar um design diferenciado	A espessura da estrutura do anel ficou muito fina e se rompeu na hora da limpeza do protótipo
4	Anel com Textura Piso	Modelo em 3D Max	6:30 hs	9:50 hs	1:1	Avaliar a aplicação de texturas	Aprendizado de novas ferramentas de modelagem do programa Rhinoceros
	Anel com Textura Parede	Modelo em 3D Max	10:30 hs	12:20 hs	1:1		
	Anel com Textura Tijolo	Modelo em 3D Max	4:30 hs	7:20 hs	1:1		
5	Pingentes planificados	Modelagem em conjunto com a designer	1:30 hs	5:10 hs	1:1	Verificar a aplicação de textos em baixo-relevo em uma superfície plana para serem posteriormente moldados em forma cilíndrica (anel)	A performance da máquina não foi satisfatória, deixando o texto pouco legível. Na hora de colocara o anel na forma cilíndrica a deformação é gritante. O acabamento também é insuficiente
	Anéis planificados	Modelagem em conjunto com a designer	1:00 hs	3:30 hs	1:1		

Quadro 26– Resultado dos testes de prototipagem rápida executados pelo LAMOT

(fonte: INT, 2003)

Como pode ser visto foram feitos testes para avaliar: *i.* complexidade de modelos; *ii.* construção de superfícies com angulação negativa; *iii.* aplicação de texturas e de textos em alto e baixo relevos em superfícies retas e cilíndricas (anéis), gerando alto e baixo relevos; *iv.* dimensões reduzidas de detalhes internos e letras; e, *v.* correção de problemas que se apresentaram na primeira versão.

Após estes testes, a equipe autora concluiu no relatório acima citado, que essa tecnologia traria ao setor as seguintes vantagens:

- avaliação dos modelos e subseqüentes modificações “in loco”;

- redução do tempo entre o projeto de um produto e o seu lançamento no mercado;
- melhoria da qualidade;
- redução dos custos de produção;
- elaboração de ferramental protótipo de moldes duráveis para a produção de pequenos lotes;
- realização com prazos e custos extremamente reduzidos de constante pesquisa ;
- desenvolvimento para manter e/ou melhorar a competitividade dos produtos.

Outras conclusões apresentadas no *“Relatório de atividade do projeto: Implementação do Primeiro Centro de Prototipagem Rápida da América Latina para o setor de Gemas, Joias, Bijuterias e Afins”* (INT, 2002) levantam pontos importantes que devem ser levados em consideração na pesquisa de modelagem 3D e prototipagem rápida pelos pesquisadores do Projeto INOTEC. Seleccionamos algumas, no nosso entender, de maior relevância, que seriam:

- a. “é importante estabelecer uma harmonia de atividades, onde o uso de tecnologias não tenha caráter meramente substitutivo e sim complementar às atividades existentes. Isto significa a possibilidade de manutenção das atividades de concepção tradicional e fabricação artesanal (estudos, ilustrações e atividades de ourives), utilizando novas ferramentas como, por exemplo, os sistemas 3D, para onde são transferidos ou gerados os aspectos artísticos diferenciados que tornam um projeto inovador [...]”;
- b. “um dos maiores gargalos observados foi a constatação que grande parte dos designers de joias não utilizam softwares de modelagem tridimensional na criação de suas peças”;
- c. “a colocação de um profissional de modelagem tridimensional como interface entre o designer de joias e a máquina MMII, não irá se tornar operacional, não só pelo aumento do custo do serviço como também pela dificuldade de interpretação do desenho da peça criada pelo designer”;
- d. “os softwares de modelagem tridimensional já estão sendo difundidos entre os designers do setor joalheiro e podem trazer benefícios quando utilizados como ferramentas de apoio ao saber tradicional”.

Com o resultado dessas primeiras experiências, o mercado joalheiro nacional começou a descobrir a tecnologia de modelagem 3D e prototipagem rápida, e algumas empresas começaram a se interessar em incorporá-la a seu repertório de produção. Os empresários que visitavam feiras de joias internacionais começaram a buscar informações a respeito das várias opções de equipamentos de prototipagem rápida, tanto por adição e subtração, criando assim o interesse de alguns importadores de maquinário para o setor em comprarem e divulgarem as vantagens dessa tecnologia.

Começou-se também a abrir escritórios de prestação de serviços de prototipagem rápida, principalmente em São Paulo e em Belo Horizonte, já que Rio de Janeiro era atendido pelo INT. Assim os empresários que não podiam investir na compra de um equipamento deste porte, poderiam executar alguns projetos através das equipes desses escritórios.

De repente, o Rio de Janeiro de precursor foi superado pelas empresas mineiras e paulistas na difusão e utilização dessa tecnologia. Das empresas cariocas que participaram dessa pesquisa inicial, apenas uma – a Antonio Bernardo - incorporou a prototipagem rápida no processo de elaboração de seus protótipos, chegando até mesmo a ganhar prêmios internacionais de design com algumas joias modeladas em 3D e produzidas este processo.



Figura 4- Anéis de Antônio Bernardo vencedores de prêmios internacionais – Red Dot Design Award e IF Product Design Award (fonte site: www.antoniobernardo.com.br e www.ifdesign.de)

Nesses últimos cinco anos várias empresas começaram a fazer uso dessa tecnologia para produzir as suas joias.

“O setor joalheiro nacional incorporou recentemente algumas tecnologias que agilizam o processo de construção de protótipos e detalhamento de projetos, tais como fresadoras de alta velocidade, sistemas de prototipagem rápida e softwares 3D, objetivando otimizar o processo de confecção e desenho de seus produtos. [...]

O uso recente dessas novas tecnologias na construção de protótipos deverá e/ou poderá contribuir para o aumento da produtividade do segmento, principalmente se forem utilizadas de forma complementar ao sistema de fabricação. É importante estabelecer uma harmonia de

atividades, onde o uso de tecnologias não tenha um caráter meramente substitutivo e sim complementar às atividades existentes“ (Volpato *et al*, 2007, p. 201).

Preuss (2004) reitera essa afirmação, e levanta também a questão do possível surgimento de uma mudança no processo de produção do setor joalheiro, ao nos mostrar que

“mesmo numa grande indústria, parte de sua produção ainda é feita artesanalmente, havendo uma distinção por categorias de joias, de acordo com o grau de complexidade na produção e acabamentos especiais, assim como a qualidade das gemas utilizadas. Podemos observar que a partir desta nova forma de produção, existe a possibilidade do surgimento de uma nova etapa neste processo, que seria a de um profissional que fizesse a ponte entre os dois meios de representação, ou linguagens. O desenho poderia ser transposto para o sistema CAD através de um operador do programa, trabalhando em conjunto com o designer” (Preuss, 2004, p. 80).

2.4 Novos desafios para o designer de joias com modelagem 3D e prototipagem rápida

Até pouco tempo atrás o design de joias era limitado pelas estruturas e detalhes que podiam ser desenhados pelo grafite ou lápis de cor. Mesmo a tridimensionalidade de um desenho ou modelo era restringido pelas limitações da bi-dimensionalidade gráfica e a capacidade imaginativa da mente humana (Böhm, 1998, p. 9, livre tradução).

Os autores Siu e Dilnot (2001) complementam essa afirmação mostrando que,

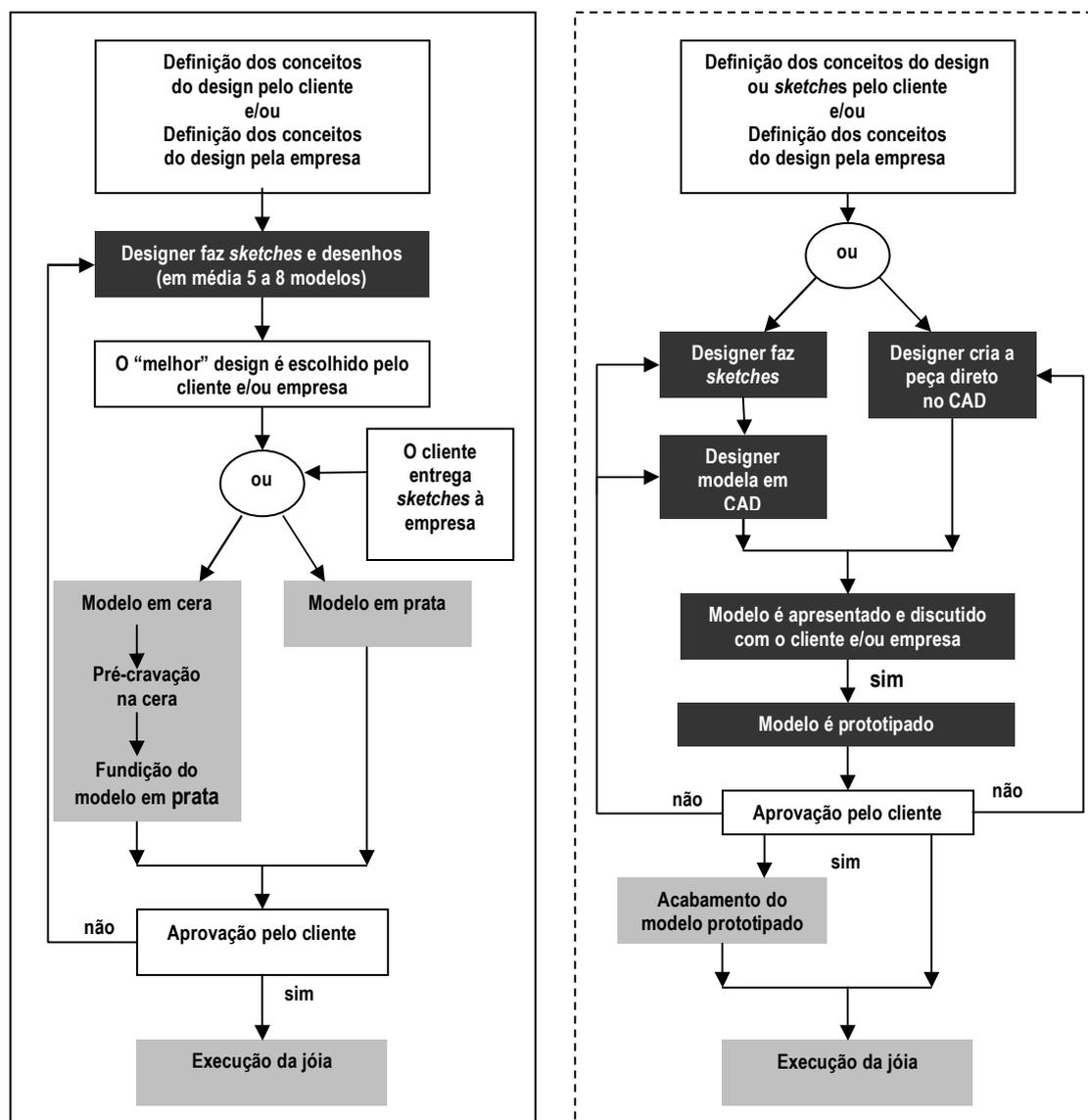
"focado na criação do objeto - a jóia - no papel, os designers manipulam basicamente ferramentas (lápis ou pincéis) de ilustração seguindo os princípios básicos do desenho (concepção, elementos de equilíbrio, unidade, destaque de certos elementos, patterns, movimento e ritmo, proporção e escala, distribuição, etc), a fim de produzir desenhos de joias que são ao mesmo tempo "específicos" e "sem-delimitações". São "específicos", se levarmos em consideração a sua intenção, mas "sem-delimitação" no sentido que o designer cria apenas uma representação "parcial" deste objeto: o desenho segue para o modelista e o modelo para produção é uma "aproximação" [desde desenho]; já tanto as dimensões físicas, técnicas de cravação quanto a qualidade exigida do objeto acabado pode estar in-definido ou mal definido neste desenho" (Siu e Dilnot, 2001, livre tradução).

Essa constatação fez com que a maioria das empresas separasse a atividade de desenhar da atividade de fabricar a jóia, já que os conhecimentos necessários são muito diferentes. Mesmo entre os designers de joias há uma separação entre aqueles que criam a peça diretamente no metal e os que desenharam a peça – podendo tanto, em uma segunda fase, executar ele mesmo

a peça em metal/cera ou entregar para um ourives executá-la para ele. Essa separação é tão profunda, que aqueles que criam a peça diretamente no metal não se denominam, muitas vezes, designers de joias, mas sim autores de joias. E há no setor uma “discussão” – a meu ver sem sentido – de qual desses dois profissionais tem um “status” maior do que o outro, qual deles é mais criativo, qual deles faz o “verdadeiro” design.

A difusão da modelagem 3D na criação de joias vai mexer com essas “certezas” e com esses paradigmas, já que o designer que antes expressava a sua idéia no papel, através de um desenho artístico ou mesmo de um desenho técnico de sua jóia, terá que começar a mexer com dimensões precisas na construção dos modelos, como por exemplo espessura de chapa, peso real da peça, espaços internos e externos para a execução dos moldes em borracha ou silicone, etc... Além desses conhecimentos, o designer de jóia terá ainda que entender do processo de prototipagem rápida, as possibilidades que cada uma das tecnologias disponíveis no mercado oferece, as desvantagens que cada uma delas apresenta para tentar contorná-las, etc. E, se nos lembrarmos que as tecnologias ligadas ao computador sofrem mudanças expressivas em espaço de tempo muito curtos, seria preciso ainda que os designers buscassem se manter atualizados sempre em relação a *softwares* e *hardwares* oferecidos.

Será que uma pessoa só daria conta de todas essas exigências? Para podermos começar a pensar a respeito desta questão, é necessário analisar o processo de design de joias tradicional dentro de uma empresa joalheira. Apesar dele sofrer pequenas variações conforme as estratégias de atuação de cada empresa, o modelo criado por Wannarumon e Bohez (2004), pode nos dar uma visão geral sobre o processo. E, em cima dessa visão, podemos começar a discutir as possíveis mudanças que ocorrem quando o processo de criação se dá através da modelagem 3D e da prototipagem rápida.



Quadro 27– Modelo de atuação do designer no processo tradicional de design e no processo de design através da modelagem 3D e prototipagem rápida Comparação da atuação do designer dentro do processo tradicional de design, à esquerda (modelo de Wannarumon e Bohez, 2004) à direita modelo adaptado a nova tecnologia

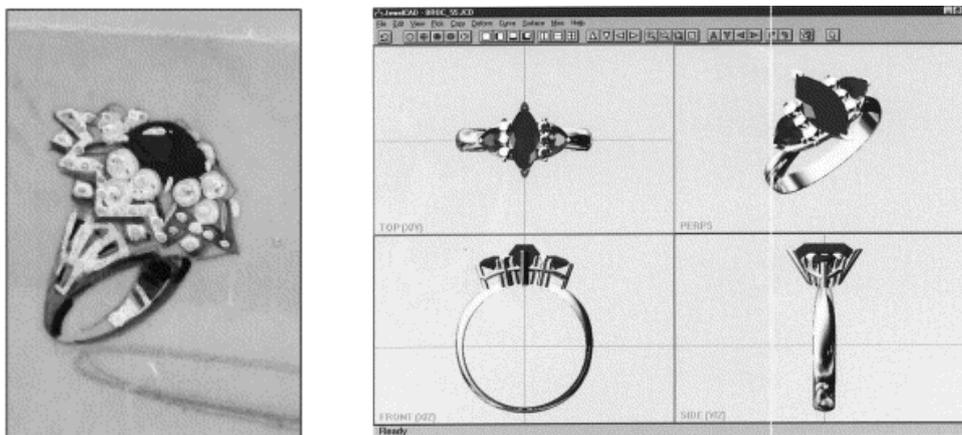
Tomando como base o modelo de Wannarumon e Bohez (2004), a esquerda, foi criado um modelo da direita com as modificações que podem ocorrer com a introdução da modelagem 3D. Nos box pretos as ações executadas pelo designer, e nos box em cinza as executadas por outros funcionários da empresa de jóias.

Como pode-se perceber, o designer começa a estar presente em mais momentos do processo. Para Böhm (1998, p. 9, livre tradução),

"o design computacional tridimensional produz objetos na realidade virtual, que podem ser contemplados e modificados em todos os 3 eixos espaciais. Estruturas de apoio podem ser aplicadas na parte interna de uma peça para reforçar uma jóia mais leve, seguindo métodos já conhecidos da engenharia mecânica. Em um workshop de CAD na

Faculdade de Pforzheim [uma das principais escolas de joalheria e ourivesaria internacionais], pode-se perceber o quão enriquecedor [essa ferramenta] se torna para os estudantes oferecendo [novas] oportunidades de design. As estruturas de objetos complexos, tanto orgânicos como geométricos, são criadas dentro de um esforço que pode ser considerado razoável. As superfícies de uma jóia podem ser facilmente trabalhadas, seguindo as mais diversas variações, chegando a poder ser comparado como um acréscimo de uma nova dimensão ao design joias".

No processo tradicional, quando o designer desenha simplesmente a representação visual da jóia - que chamamos no setor de desenho artístico - ele ganha, segundo Siu e Dilnot (2001), uma "liberdade perceptual". Como nem todos os detalhes e formas estão determinados, é precisa que o ourives "complete" as partes que faltam, usando "suas habilidades interpretativas e seu conhecimento de material ao criar o modelo em prata para a produção [em serie]" (Siu e Dilnot, 2001, livre tradução).



Desenho da Cartier no. R-6, 1969

Catálogo de Joias CAD/CAM

Figura 5- Desenho de joias tradicional, através da representação artística da peça *versus* o desenho da jóia através de programas CAD (fonte: Siu e Dilnot, 2001)

Segundo os mesmos autores ao receber o desenho, o ourives tem o comprometimento de traduzir esta imagem em um de objeto através de seu ofício usando o seu know-how pessoal, unido a sua visão espacial, sua destreza manual e seus conhecimentos práticos de materiais e processos. Mesmo que ele não possa descrever ou documentar o seu "fazer" ou "saber" artesanal de uma forma mais abrangente, todo ourives sabe como usar as ferramentas para conseguir um efeito, sabe como o grau de resistência será explicitado através da matéria moldada, e sabe como vencer possíveis problemas práticos. O processo do fazer manualmente - e toda a transposição a ser feita - é uma interpretação subjetiva relacionada individualmente com a percepção, a experiência tácita, o conhecimento prático e a "artesanaria" daquele que o faz. Se tornar um mestre em

joalheria é, portanto, um difícil aprendizado através de erro e acerto, um caminho de *learning by doing* sem atalhos fáceis de serem percorridos (Siu e Dilnot, 2001, livre tradução).

Já quando a jóia é projetada em um programa CAD, o designer

"tem que ser também um 'fazedor de formas' através de um modo que não é exigido no processo convencional de concepção através do desenho. No processo convencional, o designer cria, na verdade, apenas uma imagem do objeto a ser confeccionado. A transposição da forma é feita na realidade através da competência do modelista. Nesta etapa ao modelista é permitido que 'desenhe' com o material através de sua enorme gama de conhecimento tácito, e, por conseguinte, realize uma tradução orientada para a produção relativamente eficiente das intenções [do designer]; em efeito o ourives é, essencialmente, o mediador entre o designer e a fase de produção. Mas nos sistemas CAD/CAM, designers, sem experiência suficiente 'do fazer', precisam determinar não só as características da jóia, mas também as dimensões precisas do objeto, ou seja, eles tem que fazer uso, na verdade, de uma forma mais 'engenheira' para criar as imagens" (Siu e Dilnot, 2001, livre tradução).

Podemos nos perguntar então, porque os designers de joias, que através dos programas CAD irão acumular funções e terão que adquirir muitos novos conhecimentos, deveriam tentar se adaptar a essa nova tecnologia?

Cooper (2005), em seu artigo "*Current best practices in the use of various Rapid Prototyping systems*" também levanta essa questão, ao se perguntar se existe uma "verdadeira" necessidade da prototipagem rápida no setor joalheiro, e chega a conclusão que a nova tecnologia

"pode ser rápida, versátil, e relativamente barata, está facilmente disponível e é bem compreendida por muitos engenheiros envolvidos na ourivesaria e na fabricação de joias. Elas são, sem dúvida, ideais para fazer protótipos rapidamente, e não existe, definitivamente, nada que se iguale a ela quando é necessário fazer peças com uma precisão de 'engenharia'.

Por isso, tecnologias aditivas devem ser consideradas complementares as de subtração. Elas devem ser consideradas seriamente se sua demanda for por:

- Formas geométricas complexas e intrincadas.
- Tamanhos variados, ou variantes de peso da mesma forma complexa (por exemplo, uma série de diferentes tamanhos anel)
- Fabricação de (múltiplas e recorrentes) partes em uma única montagem" (Cooper, 2005, p. 130 -131).

Siu e Dilnot (2001) ainda nos apontam outras vantagens dessa tecnologia projetual, como por exemplo:

- "armazenamento contínuo de dados do produto, características e configurações;
- facilidade de modificações através de processo de 'reversão/repetição';

- maior precisão de modificação na forma do modelo através de ampliação ou redução de tamanho se comparado às formas tradicionais; e
- diminuição de tempo para fazer modelos, moldes de produção e ferramentais. A maioria das ferramentas computacionais podem reduzir tempo de colocação do produto no mercado ao permitir a integração ou a união da conceptualização da idéia, criação de forma virtual e processos de modelagem em uma única fase, onde o design e a concretização da forma se fundem" (Siu e Dilnot, 2001, livre tradução).

Desse modo percebemos que a tecnologia trás sim vantagens para o designer de joias ampliando o seu repertório de possibilidades estéticas na hora de criação de joias. Pode mesmo acontecer do designer não precisar dominar o software de modelagem 3D, nem tampouco o processo de prototipagem rápida, mas com certeza será preciso que ele conheça e “entenda” as possibilidades que essas tecnologias oferecem. Como se diz no setor joalheiro, “não precisa saber fazer, mas tem que saber mandar fazer”.

2.5 A inter-relação entre o design de joias e as tecnologias de modelagem 3D e a prototipagem rápida

É fácil constatar a influência das tecnologias de modelagem 3D e prototipagem rápida no design das joias. Durante muitos anos o gargalo surgia no momento de transformar esses modelos em uma jóia de metal. Mas com o reconhecimento das possibilidades estética e formais abertas pelas duas tecnologias, pode-se perceber também que o design começa a influenciar a adequação e a geração de novos equipamentos e maquinários da cadeia produtiva de joias.

Para melhor discutir esta inter-relação entre tecnologia e design - exemplificada no modelo do “Processo de Inovação Tecnológica” de Roy *et al.* (1984) apresentado no Quadro 24 no capítulo 1.25 - irá-se abordar nos sub-capítulos seguintes como ela se está se dando no caso específico do objeto de pesquisa desta dissertação.

2.5.1 A tecnologia influenciando a forma

Quem costuma se expressar através do desenho – e tem domínio das técnicas – sabe, empiricamente, que um desenho a lápis traz resultados formais

e estéticos diferentes de um desenho a lápis de cera, a carvão, a aquarela... As formas de se segurar o lápis/pincel são diversas, a pressão que se exerce sobre o papel é outra, etc e até mesmo o suporte – no caso de nosso exemplo o papel – tem gramaturas diferentes para melhor se adequar a cada uma das técnicas.

Ostrower (1977) explica melhor essa questão afirmando que

“ao criar, ao receber sugestões da matéria que está sendo ordenada e se altera sob suas mãos, nesse processo configurador o indivíduo se vê diante de encruzilhadas. A todo instante, ele terá que se perguntar: sim ou não. Falta algo, sigo, paro... Isso ele deduz, e pesa-lhe a validade, eventualmente a partir de noções intelectuais, conhecimentos que já incorporou, contextos familiares à sua mente. Mas, sobretudo, ele decidirá baseando-se numa empatia com a matéria em vias de articulação. Procurando conhecer a especificidade do material, procurará também, nas configurações possíveis, alguma que ele sinta como mais significativa em determinado estado de coordenação, de acordo com seu próprio senso de ordenação interior do próprio equilíbrio” (Ostrower, 1977. p.70).

Será que é possível transpor esse conceito da autora para o ato de se projetar algo através de uma tela de computador? Quando desenhamos com o “mouse”, usando comando numéricos com acontece no caso dos programas CAD o indivíduo, como Ostrower comenta acima, também recebe sugestões dessa matéria, ou melhor, “não-matéria”? Será que o *software* usado se torna essa “matéria” citada por Ostrower, impondo caminhos e restrições estéticas e formais?

Couturier (2006) em seu livro “*Le design hier, aujourd’hui e demain - mode d’emploi*”, nos mostra diversos exemplos de trabalhos de 30 designers contemporâneos, alguns onde se pode ver que o computador e as opções de “ferramentas” dos softwares foram de grande importância para a criação do objeto.

Para a autora,

"este método de criação virtual inspirou jovens designers. [...Ele] permite que o designer, se lhe convier, introduzir dentro do programas rupturas voluntárias / espontâneas, produzindo assim, uma série de objetos em série que são também únicos" (Couturier, 2006 p. 45, livre tradução).

As formas metálicas de Bathsheba Grossmann podem ser um bom exemplo de como pequenas modificações podem gerar objetos tão distintos. Mesmo não sendo “joias” elas poderiam ser usadas tranqüilamente como pendentos ou brincos (reduzindo-os é claro) ou “montadas” em aros para se transformarem em anéis.



Figura 6- Modelos em metal criados pelo designer Bathsheba Grossmann (fonte: www.bathsheba.com/ Site acessado em 15.07.28)

No design e na arquitetura, já temos muitos exemplos dessa “nova” linguagem estética criada através das “ferramentas” dos softwares. Exemplos de luminárias, cadeiras, objetos de uso doméstico, e também de prédios, museus, estádios olímpicos, etc já começam a fazer parte do repertório estético de nossa sociedade.

No setor joalheiro, as pesquisas formais através da modelagem 3D ainda não foram tão divulgadas. Algumas empresas de joias contratam profissionais dessas duas áreas, que já desenvolveram uma linguagem estética própria com essa nova tecnologia, para criarem coleções de joias.

O mais famoso exemplo dessa estratégia foi a parceria da Tiffany com o renomado arquiteto americano Frank Gehry que, segundo vários autores, revolucionou a arquitetura com o museu Guggenheim de Bilbao.

Como se pode ver na imagem a seguir, Apesar de lindas, essas joias apenas simulam a linguagem estética dos meios digitais, reproduzindo o repertório formal do famoso arquiteto, mas não há nenhum “indício” que elas não tenham sido feitas com os modos tradicionais de modelagem de joias através de escultura em metal e/ou na cera.

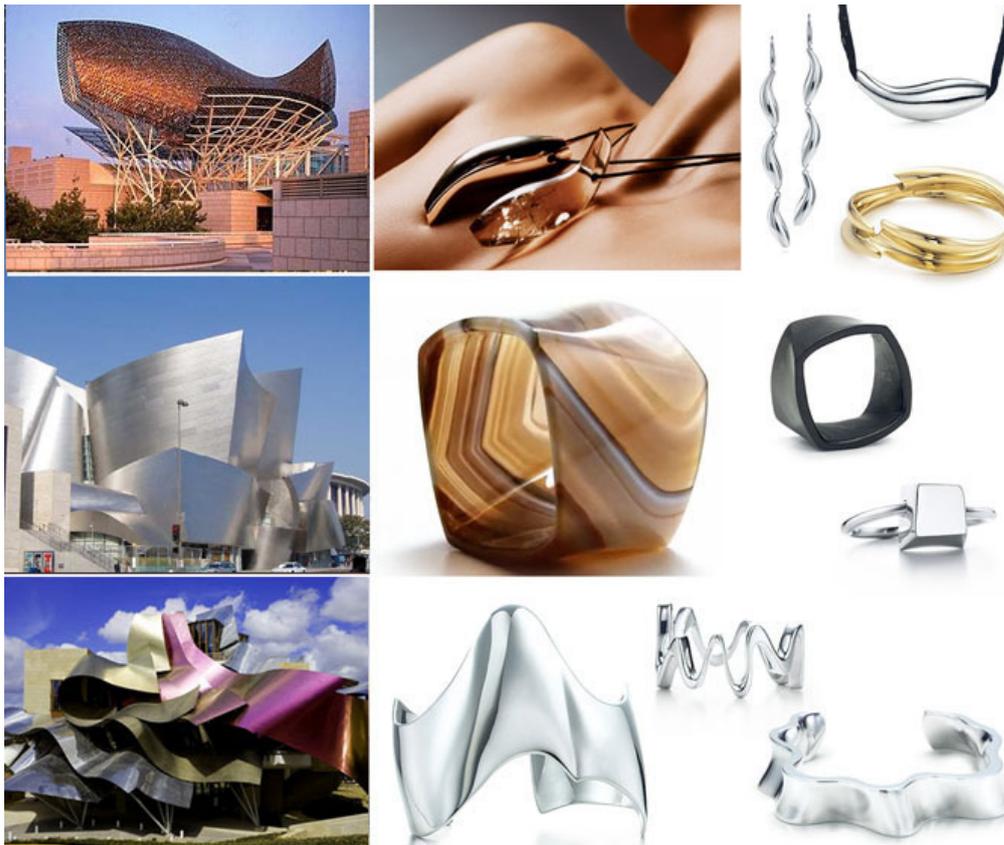


Figura 7- Projetos arquitetônicos de Frank Gehry e suas peças de sua coleção de joias para a Tiffany (fonte: www.tiffany.com, www.telegraph.co.uk/travel/3542431/The-best-of-Frank-Gehry.html, www.e-architect.co.uk/architects/frank_gehry.htm, blog.miragestudio7.com/2006/09/frank-gehry-hotel-marques-de-riscal/. Site acessado em 15.07.28)

Em outros casos, designers de produto que já fazem do computador sua ferramenta de criação, desenvolvem, paralelamente a seus projetos, joias contemporâneas, como por exemplo o designer Arik Levy:



Figura 8- Objetos e joias de Arik Levy (fonte: www.ariklevy.fr. Site acessado em 16.9.2007)

Mas existem alguns designers de joias autônomos que já começaram a pesquisar as diversas possibilidades estéticas que essa nova tecnologia de modelagem 3D oferece, buscando criar novos parâmetros tanto formais, quanto “conceituais” para a jóia, como por exemplo:

- a designer Stefanie Condes



Figura 9– Joias de Stefanie Condes (fonte: www.stefaniecondes.com. Site acessado em 15.07.2008)

- a designer de joias Lily Yung



Figura 10– Joias de Lily Yung (fonte: www.lillyyung.com. Site acessado em 15.07.2008)

- o designer de joias Jo Hayes Ward ou



Figura 11– Joias de Jo Hayes Ward (fonte: www.johayes.com. Site acessado em 15.07.2008)

- o designer Lionel T Dean, e sua pesquisa, através da prototipagem rápida, de “mass-individualisation” – a escala de uma produção industrial de um único artefato – joias aparentemente iguais com detalhes que as tornam únicas.



Figura 12– Pendentes em titânio de Lionel T Dean (fonte: www.futurefactories.com. Site acessado em 15.07.2008)

- a designer de joias Sarah Herriot, que chegou a ganhar um prêmio de *Goldsmiths Craftsmanship & Design Awards 2008* - categoria *Fine Jewellery* com os seus trabalhos em Rhinoceros



Figura 13– Joias de Sarah Herriot (fonte: www.sarahherriot.com. Site acessado em 15.07.2008)

Interessante de se observar também é a pesquisa de modelagem tridimensional de joias feitas por alguns estudantes, como por exemplo:

- o trabalho de MFA Thesis Exhibitions de Erin Y. Kin em 2004



Figura 14– Desenhos de Erin Y. Kin (fonte: www.temple.edu/crafts/public_html/mjcc/local/gallery/thesis/kim/kim_web_final/kim/kim_main.htm Site acessado em 15.07.2008)

- o trabalho de MFA Thesis Exhibitions de Cris Martino em 2005



Figura 15– Desenhos de Cris Martino (fonte: http://www.temple.edu/crafts/public_html/mjcc/local/gallery/thesis/martino/main/main_2.htm Site acessado em 15.07.2008)

- o trabalho de MFA Thesis Exhibitions 2003 Jennifer Sholtis



Figura 16– Desenhos de Jennifer Sholtis (fonte: www.temple.edu/crafts/public_html/mjcc/local/gallery/thesis/sholtis/sholtis.html Site acessado em 15.07.2008)

Sem se preocupar muitas vezes com a realidade do dia-a-dia de uma indústria de joias, ou as restrições técnicas de sua fabricação, nem tampouco, às

vezes, com as características físicas do material, essas pesquisas podem apontar novas possibilidades formais instigantes.

Segundo Cooper (2005, p. 131, livre tradução),

"o que não é assim tão obvio para as indústrias joalheiras é a de que a própria existência de prototipagem rápida pode desafiar a forma como um produto é concebido e tornar possível desenhar uma peça com uma funcionalidade tal, que só RP [prototipagem rápida] possa ser usado para produzi-la. Em outras palavras, a simples existência da prototipagem rápida pode mudar, basicamente, aquilo que buscamos alcançar através do design e da fabricação!"

E essas pesquisas por novas possibilidades estéticas criadas através da modelagem 3D e da prototipagem rápida feitas por designers autônomos e estudantes podem indicar esses outros caminhos para as que o setor alcance essa mudanças que Cooper (2005) apregoou.

É importante, porém se ter sempre em mente, que, como Forty (2007) aponta, a máquina não influencia o design, tanto para o bem quanto para o mal. São as estruturas da sociedade e da empresa em que o designer atua que determinam os objetos que serão criados com ela. Traduzindo este conceito para a questão da influência das novas tecnologias – e mais especificamente da modelagem 3D e da prototipagem rápida – pode-se perceber, que apesar de abrirem novas possibilidades de criação para os designers, o domínio da técnica não irá determinar a criação de um bom ou de mau design.

A tecnologia de modelagem 3D e prototipagem rápida irá sim fazer uma diferença, quando seu custo for tão barato que os designers possam ter um equipamento de prototipagem rápida em seu atelier ou escritório, como se fosse uma simples impressora de computador. Neste momento os designers poderão eles mesmos produzir as suas idéias, para venderem as suas joias – através ou não da internet –, deixando de ser parte de um processo para se tornar um “novo tipo de artífice” que terá o poder e a responsabilidade de todos os estágios da produção de sua jóia, da concepção à venda.

2.5.2 A inovação no design gerando novas tecnologias no setor joalheiro

Confirmando o caráter sistêmico de uma inovação, o setor joalheiro internacional começa agora a adaptar as tecnologias de produção de joias às possibilidades que se abrem com a modelagem 3D e a prototipagem rápida. Como se pode ver no artigo “*Computer technology creates basis for new design*”,

no “The Baselworld Daily News” – publicação distribuída diariamente durante a maior feira de joias do mundo, a Baselworld 2009 – do dia 27.03.2009,

“sistemas modernos de CAD/CAM simplificaram radicalmente a criação de modelos de joias de geometrias extremamente complexas e de formas intrincadas, em um processo que estabelece as bases para uma nova tendência de joias. Agora é necessário haver materiais para por em prática estes designs” (tradução livre, p. 36).

Reconhecendo que a criação de modelos através das tecnologias CAD/CAM já se estabeleceram no setor joalheiro, fornecedores de outros equipamentos e matérias-primas necessárias a produção de joias começam a pesquisar, produzir e oferecer produtos que se adaptem a essa nova realidade.

Além de novos *softwares* CADs e CAMs, mais intuitivos e *user friendly*, estão sendo feitas também melhorias técnicas nos equipamentos de prototipagem rápida por subtração e por adição. As melhorias englobam criação de equipamentos menores e mais baratos, tornando a tecnologia acessível aos pequenos empresários do setor, pesquisa de novas resinas e ceras para facilitar a execução e a ejeção dos modelos para serem montados nas “árvores” de fundição a cera perdida: resinas mais duras para detalhes filigranados, outras mais flexíveis para cravação na cera, resinas que podem ser levadas diretamente para fundição, etc...

As injetoras de cera também estão sendo adaptadas para se integrarem a esse sistema de peças maiores e com detalhes mais delicados que podem ser modeladas nas tecnologias CAD/CAM, e até mesmo a troca da cera por um fotopolímero de alta densidade (HD) – que permite a execução de peças mais filigranadas, muito em “moda” atualmente em razão da possibilidade de se criar joias grandes e leves ao mesmo tempo – começa a ser difundida no setor de joias europeu.



Figura 17- Tecnologia de modelos de alta definição através de fotopolímero (fonte: GZ Magazine, março de 2009, p.42)

Mas como a produção de joias é um sistema em cadeia, nada disso adiantaria se não houvesse também fundidoras que conseguem transformar esses modelos em cera ou fotopolímeros em metal. Novas gerações desses equipamentos também estavam sendo apresentadas na feira Baselworld 2009, como por exemplo as da empresa italiana “Topcast Engineering”, que utilizam um sistema de “vácuo duplo” para que o metal quente chegue a todos os detalhes das peças montadas nas “árvores de fundição”. Nos exemplos apresentados durante a feira, o que mais chamava a atenção era uma corrente de elos “treliçados”, que antes dessas inovações tecnológicas não era possível de ser executada, e portanto não podiam fazer parte do repertório criativo dos designers de joias.



Figura 18 - peças em metal fundidas através dessas novas fundidoras que permitem a execução de detalhes e “filigranas” (fonte: folder da Topcast Engineering, 2009)

Todos esses exemplos mostram que a tecnologia de modelagem 3D e de prototipagem rápida, começa a ser incorporada pelas indústrias internacionais do setor joalheiro.

Agora que as condições estão sendo dadas, idéias até então impossíveis de serem realizadas tecnologicamente falando, começam a se tornar factíveis, e, em um futuro próximo, os designers de joias terão que conhecer e trabalhar com modelagem 3D e prototipagem rápida, para acompanhar o desenvolvimento tecnológico do setor.

Em sua palestra sobre “Prototipagem Rápida por Precipitação a Laser”, durante a Tecnogold 2009, feira de tecnologia, gemas e design para o setor joalheiro brasileiro, Maurizio Costabeber – presidente da DWS, empresa italiana líder mundial na tecnologia de prototipagem rápida – ao falar sobre a prototipagem rápida para a nova geração de design de joias, apresentou sugestões formais que podem ser produzidos apenas por esta tecnologia, como a mudança de formas das grifas para prender o pavê de brilhantes. Outro exemplo apresentado é *‘wire casting’*: usando recursos dos softwares de modelagem 3D é possível se criar formas lembrando as representações “*wire*”

dos programas CAD com fios de até 0.3 mm, que podem ser produzidos somente através da tecnologia de prototipagem rápida por adição. Como essas peças precisam ser executadas em resinas especiais que vão direto à fundição, sem passarem pela injetora de cera, essa inovação tecnológica queima etapas da produção. Outra vantagem é que as peças ficam leves, tornando assim o seu preço final mais acessível.

E, como Maurizio Costabeber afirmou no final de sua palestra na TecnoGold 2009, através da prototipagem rápida a laser é possível

“criar modelos com formas ‘complexas’ e difíceis de serem reproduzidas na tecnologia tradicional, impossibilitando assim a cópia. Agora, cabe aos designers começarem a criar joias com as novas possibilidades oferecidas por essas tecnologias.”