

3 Mudanças e impactos no processo de design através da modelagem 3D e prototipagem rápida por subtração

Como pode ser visto anteriormente no capítulo 1 desta dissertação, o processo de inovação não é simples. Ele depende de fatores exógenos e endógenos a empresa. Nas MPEs do setor joalheiro, onde até bem pouco tempo atrás a cultura da cópia era muito difundida, o valor da diferenciação através da inovação começa agora a ser reconhecido.

Apesar da modelagem 3D e da prototipagem rápida terem trazido inovações no processo de produção de joias e terem aberto novas possibilidades formais e estéticas – como apresentado no capítulo 2 desta dissertação – a dificuldade de absorção dessas tecnologias pela maioria das empresas de joias brasileiras deve ser analisada. O Brasil, mais especificamente o Rio de Janeiro, foi um dos primeiros lugares a terem esta tecnologia disponibilizada para a pesquisa e para a experimentação por empresas e designers de joias através da parceria do IBGM e do INT, em 1999, com a implementação do “Primeiro Centro de Prototipagem Rápida da América Latina para o Setor de Gemas, Joias, Bijuterias e Afins”. Durante 3 anos diversas empresas cariocas criaram joias usando a tecnologia. E em uma delas houve a absorção deste processo de criação e de produção de joias.

Como os objetivos específicos desta pesquisa são avaliar as mudanças que irão ocorrer no processo de design de joias com a introdução da modelagem 3D e da prototipagem rápida, e também os impactos que elas trarão para as atividades do designer de joias e para o processo de produção das empresas, era preciso complementar a pesquisa bibliográfica. Através de uma pesquisa empírica com abordagem qualitativa - usando-se a pesquisa-ação para a coleta de dados - pretende-se entender como essas mudanças ocorrem e também como a introdução dessas tecnologias impactam sobre o processo de design, os designers e funcionários das empresas ligados à criação dos modelos de joias.

Segundo Terence e Escrivão Filho (2008, p. 5), a abordagem qualitativa, permite que o pesquisador se aprofunde na compreensão dos fenômenos que estuda. Sem se preocupar com representatividade numérica, generalizações estatísticas e relações lineares de causa e efeito é possível interpretar ações de indivíduos, grupos ou organizações em seu ambiente e contexto social segundo

a perspectiva dos participantes da situação enfocada. Apesar de existirem diversos métodos de pesquisa qualitativa, optou-se pela pesquisa-ação, já que ela se adequa à intervenção na realidade de uma organização, por ser “uma proposta de pesquisa mais aberta (com características de diagnóstico e consultoria)” (Thiollent, 1997, p. 20) que busca clarear situações complexas e encaminhar possíveis ações e soluções.

Com regras diferentes das de pesquisas com metodologia tradicional positivista, onde o pesquisador assume um papel neutro e passivo, na pesquisa-ação busca-se

“acoplar pesquisa e ação em um processo no qual os atores implicados participam, junto com os pesquisadores, para chegarem interativamente a elucidar a realidade em que estão inseridos, identificando problemas coletivos, buscando e experimentando soluções em situação real. Simultaneamente, há produção e uso de conhecimento” (Thiollent, 1997, p. 14).

Como o mesmo autor afirma, não existe um processo de pesquisa-ação totalmente padronizado, “pois dependendo da situação social ou do quadro organizacional em que se aplica, os procedimentos e a ordenação de etapas podem variar. Há também grande diversidade nos graus de implicação dos atores” (Thiollent, 1997, p. 15).

Mas mesmo não existindo este processo padronizado, o processo da pesquisa-ação em áreas de tecnologia e de organização, segundo Thiollent (1997, p.58), deveria ser concebido para englobar:

- fase exploratória, onde se busca detectar os problemas, os atores, as capacidades de ação e os tipos possíveis de ação;
- fase de pesquisa aprofundada, onde a situação é pesquisada usando-se diversos tipos de instrumentos de coleta de dados;
- fase de ação, que consiste em difundir os resultados alcançados nas fases anteriores, definir objetivos alcançáveis e apresentar propostas para serem executadas; e
- fase de avaliação, para observar, redirecionar o que está acontecendo e resgatar o conhecimento produzido durante o processo.

Este efeito de aprendizagem, que ocorre na pesquisa-ação, permite a participantes e pesquisadores aprenderem conjuntamente dentro da situação pesquisada, sendo este um dos fatores que pesaram na escolha desta metodologia.

Outra vantagem da pesquisa-ação frente à pesquisa convencional está em permitir que a pesquisa se dê em uma situação real, adequando o referencial teórico a contextos de atuação individuais – tanto de empresas, quanto de setores. E isto é muito importante quando se busca entender e avaliar a implementação de inovações tecnológicas em circunstâncias bastante específicas ligadas a realidade.

3.1 Entrevista

Na fase exploratória, para investigar problemas, levantar soluções, detectar capacidades e tipos possíveis de ações em relação à modelagem 3D e a prototipagem rápida em empresas de joias brasileiras, resolveu-se realizar uma entrevista não estruturada, mais especificamente uma entrevista focalizada – segundo Marconi e Lakatos 2002) - com designers que trabalham há mais de 2 anos com as duas tecnologias.

Segundo Gil (2006, p. 116) a entrevista é um método de pesquisa bastante adequada para obtenção de informações acerca do que as pessoas sabem e crêem. Seu objetivo principal é a obtenção de informações do entrevistado sobre determinado assunto ou problema (Marconi e Lakatos, 2002, p. 93), permitindo “a obtenção de dados que não se encontram em fontes documentais e que sejam relevantes e significativas” (Marconi e Lakatos, 2002, p. 95).

Os autores divergem quanto a nomenclatura dos diversos tipos de entrevista. Marconi e Lakatos (2002, p. 93-94) as dividem em:

- *padronizada ou estruturada* - segue um roteiro previamente estabelecido (formulário, para que as respostas possam ser comparadas);
- *despadronizada ou não estruturada* – liberdade para desenvolver cada situação em qualquer direção que considere adequada (perguntas abertas e podem ser respondidas dentro de uma conversação normal). Este tipo se sub-divide em:
 - *entrevista focalizada* – um roteiro de tópicos que serve de “guia”, utilizada em estudos de situação de mudança de conduta;
 - *entrevista clínica* – para estudar os motivos, os sentimentos, a conduta das pessoas;
 - *não dirigida* – liberdade total por parte do entrevistado;

- *painel* – repetição de perguntas, de tempo em tempo, às mesmas pessoas, a fim de estudar a evolução das opiniões em períodos curtos.

Como a entrevista é um encontro entre duas pessoas, é importante que o pesquisador estabeleça uma relação de confiança com o entrevistado. Por isso não há uma maneira correta de se realizar uma entrevista, mas apenas diretrizes – mais ou menos semelhantes em todos os autores – de como ela deve ser executada (Gil, 2006, p.123-126):

1. preparação do roteiro da entrevista – varia conforme o tipo de entrevista;
2. estabelecimento do contato inicial – criar um clima agradável, explicando a finalidade da entrevista, o objetivo da pesquisa, etc;
3. formulação de perguntas – também varia conforme o tipo de entrevista;
4. estímulo a respostas completas – estimular o entrevistado a fornecer respostas mais precisas;
5. registro das respostas – usando meios como anotações ou gravações;
6. conclusão da entrevista – encerrá-la em um clima de cordialidade enquanto o entrevistado ainda mantenha interesse em conversar sobre o assunto.

Segundo Lodi (1986, p. 117) “a entrevista é difícil de ser avaliada por várias razões”:

1. os dados da entrevista vão aparecendo dentro de um processo verbal, eles não saem classificados e divididos;
2. como a entrevista produz uma grande massa de informações, é preciso realizar um trabalho de seleção das informações relevantes;
3. os dados da entrevista precisam ser divididos e reorganizados em função do perfil, aptidões e traços de personalidade de cada entrevistado;
4. é preciso levar em conta que o trabalho de interpretação é um trabalho diferente do da obtenção de dados, rejeitando, catalogando e arquivando os dados.;

Gil (2006) corrobora este último ponto, mostrando que o trabalho de análise e de interpretação dos dados são fases bastante distintas:

“A análise tem como objetivo organizar e resumir os dados de forma tal que possibilitem o fornecimento de respostas ao problema proposto para a investigação. Já a interpretação tem como objetivo a procura do sentido mais amplo das respostas, o que é feito mediante sua ligação a outros conhecimentos anteriormente obtidos” Gil (2006, p. 168).

3.1.1 Metodologia e levantamento de dados para as entrevistas

Para esta pesquisa, a escolha pela entrevista não estruturada focalizada se justifica em razão das possibilidades que se abrem através da liberdade de desenvolvimento da entrevista pela autora na direção que se apresente no momento da conversa com o entrevistado.

Foi elaborado um roteiro de entrevista – que pode ser visto no “Anexo I” – para manter um fio condutor nas perguntas e garantir que alguns temas importantes fossem abordados. Mas a escolha por uma entrevista focalizada permitiria também alterar a seqüência de perguntas conforme o andamento da entrevista, já que como Lodi (1986, p.17) aponta, “nenhuma seqüência fixa de perguntas é satisfatória para todos os respondentes”. Como a autora é uma pessoa que também trabalha com design de joias há bastante tempo, conhece e tem alguma experiência com as duas tecnologias, as dificuldades que poderiam surgir pela falta de uma estrutura fixa de perguntas foram amenizadas.

Como o objetivo da entrevista era avaliar não só as vantagens e as desvantagens da modelagem 3D e da prototipagem rápida para o design de joias, mas também como essas tecnologias trouxeram modificações, ou não, para o processo de design de joias de cada um dos entrevistados. Então o recorte escolhido foi de designers⁸ que trabalhem há mais de dois anos com as duas tecnologias, para levantar o conhecimento de profissionais que já tivessem uma experiência consolidada. Era importante também que esses designers tivessem trabalhado anteriormente através do processo “tradicional” de design de joias, para poderem realizar uma comparação dos dois processos.

Com isso a amostragem dos entrevistados se tornou bastante restrita. Além do fator da disponibilidade do profissional para uma entrevista face a face, ter influenciado o tamanho da amostragem, outros fatores importantes devem ser levados em consideração. O primeiro deles é que são poucos os profissionais que somam experiências nas duas tecnologias, normalmente a

⁸ Não importando a nomenclatura, mas sim a atividade e experiência, considera-se neste enfoque designer aquele que desenvolve um projeto de jóia ou coleção, incluindo neste termo os “autores-de-joias”, joalheiros, etc.

modelagem 3D é mais difundida por ser mais acessível financeiramente – já que depende apenas de um computador e de *softwares* específicos – do que a compra de equipamento prototipagem rápida. Também é importante ter-se em mente que a difusão da prototipagem rápida no setor joalheiro é bastante recente, como pode ser visto no gráfico abaixo que tabula uma consulta aos fornecedores da tecnologia. A quantidades de equipamentos de prototipagem rápida em atividades em MPEs do setor dois anos atrás somavam menos que 20, ou seja 35% dos equipamentos em uso atualmente nas indústrias de joias.

Fornecedor	Nº de máquinas há 2 anos atrás	Nº de máquinas em 2009
CNC FLEX (subtração)	3	20
Model Master (subtração)	2	2
Roland (subtração)	10	21
Solidscape (adição)*	2	2
EnvisionTEC (adição)	1	6
TOTAL	18	51

* o representante não repassou os números, mas foi divulgado na imprensa e no setor o INT e o próprio representante tinham sabidamente uma máquina cada e prestavam serviço para o setor

Quadro 28- Quantidade que equipamentos de prototipagem rápida vendidos a empresas do setor joias bijuterias e afins (fonte: dados levantados por contato com os representantes das respectivas tecnologias).

Foram contatados cinco profissionais do setor joalheiro que se adequavam ao perfil do recorte escolhido, e destes cinco apenas um não retornou o contato. Buscando abordar diversas visões do uso dessas tecnologias foram escolhidos para serem entrevistados:

1. um joalheiro e professor de modelagem 3D e prototipagem rápida por subtração, interessado em entender a tecnologia para poder ensiná-la posteriormente;
2. um designer de um empresa de joias que adquiriu o equipamento de prototipagem rápida por subtração buscando alcançar através dele a diminuição do custo final de suas peças;
3. um designer de joias premiado – dois prêmios da Anglogold Ashanti, três da Pérola do Tahiti, dois da HRD Antwerp, um da Itália, o Gold Virtuosi – e dono de uma empresa de prestação de serviços, que vende os serviços de modelagem 3D e prototipagem rápida por subtração para empresas do setor joalheiro brasileiro; e

4. um designer de joias de um empresa de joias que adquiriu o equipamento próprio de prototipagem rápida por subtração para otimizar e melhorar a produção e a qualidade de seus modelos.

Como todos eram de fora do Rio de Janeiro, as entrevistas foram realizadas durante viagem da autora a São Paulo. Uma foi realizada no atelier onde o professor dá aulas e as outras três durante uma feira de joias. E, para manter a fluidez da “conversa” e se adaptar também à personalidade de cada um dos entrevistados, as perguntas do questionário previamente elaborado foram adaptadas e tiveram a sua ordem modificada. As entrevistas foram gravadas e suas transcrições encontram-se no capítulo “Anexo II”.

Depois de re-arrumadas nas respectivas questões do questionário, as respostas foram sintetizadas e comparadas entre si.

3.1.2 Resultado

Como pode ser visto em relação à primeira pergunta, três dos entrevistados trabalham com as tecnologias de modelagem 3D e prototipagem rápida há mais de 5 anos, mostrando uma estratégia ofensiva em relação a esta inovação. Eles entraram no processo de inovação na primeira fase do ciclo difusão. O quarto entrevistado trabalha com as tecnologias há um pouco mais de 2 anos.

A razão que levaram os quatro entrevistados a trabalhar com a tecnologia de modelagem 3D e prototipagem rápida diferem um pouco entre si. Os dois designers de empresas, “Entrevistados 2 e 4”, começaram a utilizar a tecnologia em razão das possibilidades técnicas que elas abrem e também para poderem desenvolver detalhes que são impossíveis de serem feitos manualmente. Eles contrataram consultores e professores para ensinar a tecnologia para os funcionários que iriam trabalhar com elas. Para o “Entrevistado 4” existem uma série de detalhes, de dificuldades que precisam de conhecimento técnico. Sem treinamento não se consegue chegar a aprender a usar as duas tecnologias com a velocidade que a empresa onde ele trabalha precisava. O tempo de aprendizado autodidata seria muito longo. Com os professores o aprendizado foi muito rápido. Mas o “Entrevistado 4” fez questão de ressaltar que essa velocidade de aprendizado depende do interesse de quem está aprendendo, os

funcionários que estão trabalhando com ele demonstram muita curiosidade e vontade de aprender.

Já os dois prestadores de serviço, “Entrevistados 1 e 3”, adquiriram a tecnologia com o objetivo de criar um diferencial frente os outros designers oferecendo serviços e cursos. Os dois aprenderam a mexer com a modelagem 3D e a prototipagem rápida por subtração por conta própria; foram autodidatas.

O “Entrevistado 3”, que oferece serviços de terceirização de modelagem 3D e prototipagem rápida por subtração às empresas do setor joalheiro, comentou que começou a prototipar os seus desenhos feitos no computador, porque os modelistas de joias das empresas não conseguiam entendê-los. Eles falavam para os donos das empresas que os desenhos não eram possíveis de serem feitos, apesar do “Entrevistado 3” entregar um desenho muito preciso e técnico. Para evitar este problema, o “Entrevistado 3” resolveu então adquirir uma máquina de modelagem rápida por subtração (CNC) para prestar um novo serviço, oferecendo além da criação e do desenho, a entregar do modelo em cera, que poderia ir direto para a produção sem passar pelas mãos destes modelistas de joias.

No caso da escolha das tecnologias, as razões entre os entrevistados também diferem um pouco. O “Entrevistado 1” escolheu trabalhar com a tecnologia de prototipagem rápida por subtração, por ser mais barata – em relação a por adição - e também por ser, naquela época, uma tecnologia mais madura, com um melhor nível de resolução. Ela não exigia tecnologias posteriores diferentes das já usadas dentro do processo de produção tradicional das empresas do setor joalheiro para se converter o modelo em jóia. Outra razão citada por ele é que essas máquinas de prototipagem rápida por subtração também podem ser usadas para gravar e para outros serviços úteis à joalheria, como por exemplo, trabalhar com acrílico, e outros materiais alternativos, e não só para criar modelos em cera que vão para a fundição a cera perdida.

O “Entrevistado 3” ressaltou que era a única tecnologia disponível na época em que ele adquiriu sua primeira máquina – atualmente possui 3: esta mais antiga de apenas 3-eixos e duas com 4-eixos.

O “Entrevistado 2”, aquele que trabalha com a tecnologia há pouco mais de 2 anos, escolheu a tecnologia e o fornecedor mais por confiança e por saber que ele já tinha vendido esse equipamento para outras empresas do setor joalheiro, como por exemplo a empresa do “Entrevistado 4”.

Quanto a pergunta sobre softwares com os quais trabalham atualmente, foi possível perceber que todos usam o programa ArtCAM para dar “saída” ao

documento para a máquina de prototipagem por subtração. Só os programas de modelagem diferem um pouco. Os “Entrevistados 1 e 3” modelam também no ArtCAM, não sabendo ou não gostando de usar o Rhinoceros. O “Entrevistado 4”, que trabalha em uma empresa que adquiriu há pouco tempo também um equipamento de prototipagem rápida por adição, usa diversos *softwares*: ArtCAM para prototipar e Rhinoceros, Rhinogold e Matrix para modelar as peças 3D. E o “Entrevistado 3”, que como foi dito anteriormente já recebeu diversos prêmios sempre com projetos modelados no computador, usa os *softwares* Rhinoceros e o Rhinogold. Para ele *softwares* para produto como AutoCAD não são tão bons para modelar joias como o Rhinoceros. Além disso, ele afirma que o escolheu por ser um programa de fácil aprendizado, e também fácil de ser ensinado – fator importante, já que o “Entrevistado 3” precisa também treinar os seus funcionários que cuidam da parte de modelagem de joias. Outra vantagem enumerada por ele é que o Rhinoceros é um programa relativamente barato pelo o que faz e que se adaptou bem ao perfil do setor, se comparado a outros *softwares* que usou e testou anteriormente.

Notou-se também que ao serem perguntados sobre o principal uso da tecnologia de prototipagem rápida, três dos quatro entrevistados responderam *i.* preparação para cravação (já que a marcação sai perfeita e as garras saem todas iguais ficando tudo simétrico), *ii.* retrabalho (correções, diminuição de peso, de modelos, etc) e *iii.* fazer inscrições, tanto em baixo como em alto-relevo. Também foram citados criação de relevos, de desenhos mais complexos que exigem perfeição de execução, criação de texturas.

Os “Entrevistados 2 e 4” mencionaram ainda o uso da prototipagem para criar “pré-formas” que serão trabalhadas depois pelo modelista para que ele dê alguns acabamentos e faça alguns detalhes manualmente.

Ao serem perguntados se os desenhos de suas joias são criados especificamente para serem confeccionados através da prototipagem rápida, todos os entrevistados responderam que não criam especificamente para a tecnologia. Mas todos já visualizam e planejam, no momento de criar, se era melhor fazer o trabalho à máquina ou à mão. Como o “Entrevistado 1” comentou, tem coisas que são muito mais fáceis, mais rápidas e melhores de serem feitas no computador, em vez da banca, até mesmo as peças “escultóricas” e as orgânicas, que imitam a natureza.

O “Entrevistado 4” levantou ainda a questão de que mais importante não é se perguntar “como fazer?”, mas sim “o que fazer?”. E complementa: “Se você não tiver a idéia antes, não chega à lugar nenhum. Então, nossa preocupação

sempre foi essa. É responder a pergunta “o que fazer”? É a pergunta mais difícil para nós!”

Ao serem perguntados sobre quem modela a jóia no computador e quem opera o equipamento de prototipagem rápida foi possível perceber que, com exceção do “Entrevistado 1” que tem um atelier/escola de joalheria e modela e prototipa as peças ele mesmo, todos os outros três entrevistados contaram que em suas empresas quem modela não é a mesma pessoa que acompanha a prototipagem rápida por subtração. Como a prototipagem dá muito trabalho e é um processo muito demorado, o “Entrevistado 2” comentou que se os designers forem cuidar também da prototipagem, acabaria faltando tempo para desenvolver adequadamente as funções principais de um designer, como por exemplo pesquisar, criar, desenvolver o projeto, etc.

Como não existem cursos de prototipagem específicos para a para joias, os técnicos que cuidam do equipamento de prototipagem rápida por subtração ou são funcionários das empresas que gostam de tecnologia e querem aprender a mexer no equipamento - como no caso da empresa onde o “Entrevistado 2” trabalha - ou são técnicos formados pelo SENAI em ferramentaria em usinagem em grandes máquinas, que precisam adaptar o seu conhecimento para os equipamentos de prototipagem de joias, já que a escala para se trabalhar com joias é de décimos de milímetro - como é o caso dos funcionários da empresa onde o “Entrevistado 4” trabalha.

Como no processo tradicional, é o modelista que transforma a representação visual da jóia criada pelo designer (Siu e Dilnot, 2001) em modelo real de uma jóia, era importante questionar como este tipo de profissional percebe a introdução dessas duas tecnologias no processo de produção de joias. O “Entrevistado 4”, que trabalha em um empresa muito departamentalizada, conta que no começo os modelistas de joias ficaram muito intimidados, porque a tecnologia era muito mal explicada. Todo mundo achava que essas máquinas iam tirar o trabalho deles, já que esse era um dos argumentos de venda do equipamento. Mas na realidade, isso não acontece. A máquina é só mais uma ferramenta para o objetivo final, que é fazer uma jóia bem feita; ela não substitui nada. Na empresa onde o “Entrevistado 4” trabalha, tem peças que os próprios modelistas de joias já sabem que não dá para serem feitas manualmente:

“Por exemplo, em uma peça religiosa que tem a Oração do Pai-Nosso, como é que ele vai escrever aquilo manualmente com uma letra bonita, que tenha leitura? O modelista sabe que à mão não dá para fazer. Passou já essa fase, hoje já não tem mais o conflito. Tem momentos, que a gente

manda peças para a execução manual, e eles já acham que não, que aquela peça não é para execução manual, tem que se fazer na máquina. Aí eles devolvem a peça. A fase já foi, ninguém está mais concorrendo.”

O “Entrevistado 3” afirma que ainda existem modelistas de joias que vêm a tecnologia como um grande concorrente, sem entender que ela poderia melhorar o trabalho deles, e que eles chegam muitas vezes até a boicotar o trabalho de sua empresa de prestação de serviços dentro da indústria em que trabalham.

Ao serem perguntados sobre as vantagens e desvantagens das tecnologias de modelagem 3D e prototipagem rápida, três dos entrevistados só viram vantagens, mesmo a autora reafirmando especificamente a pergunta sobre as desvantagens existentes. Mesmo o item “custo” que a autora acreditava ser uma das desvantagens das novas tecnologias frente à tradicional, não é percebido por eles desta maneira. Para o “Entrevistado 1” o custo para implementação das tecnologias de prototipagem rápida por subtração, que incluem a compra de equipamento, computador, *softwares*, etc , sai mais bem mais em conta do que a montagem de toda uma estrutura de um atelier/de uma fábrica com as de tecnologia necessárias para a execução do modelo pelo processo manual.

Outras vantagens que o “Entrevistado 1” ainda ressaltou foram: *i.* a precisão, *ii.* possibilidade de repetição de “forma” padrão, por exemplo uma caixinha para as pedras pode ser usada muitas vezes em outros modelos, e *iii.* o “control V”, que desfaz a operação que foi feita anteriormente; no metal errou, não tem volta.

O “Entrevistado 2” , também concorda que a precisão seja uma grande vantagem, já que a máquina reproduz o que se desenha, sem erro, e complementa afirmando que outras vantagens são: *iv.* a possibilidade de executar detalhes que a mão o modelista não conseguiria, *v.* a rapidez no processo de retrabalho de modelos, e *vi.* a possibilidade de se poder analisar e prever a quantidade de pedras, o peso.

“Por exemplo, nessa linha nossa agora [fevereiro de 2009] a gente tirou muito peso e muita pedra... os clientes adoraram. Teve peças que a gente fez cinco vezes a mesma peça, para chegar no peso que a gente queria. Como já se tem o documento todo no computador você pode reduzir o peso rapidamente, a mão para o modelista ficaria muito complicado”.

O “Entrevistado 3” também cita em primeiro lugar a precisão como uma das vantagens e ainda lista como vantagens: *vii.* o fato do cliente poder ver a

peça antes de estar pronta, *viii.* dele poder fazer mudanças ainda durante o processo, *ix.* e também do cliente poder realizar cálculos precisos do preço final da peça ainda no computador através da função de análise do peso tanto do metal, quanto dos quilates das pedras (funções existentes no Rhinoceros e no Rhinogold). E, continua listando vantagens, como por exemplo: *x.* agilizar o tempo de produção, o cliente pode prototipar todos os exemplares antes de produzir, *xi.* qualidade do modelo, *xii.* pré-cravação, e *xiii.* permitir ao cliente testar o produto com muito maior agilidade do que é feito hoje em dia, detectando um erro de produção ou identificar uma falha antes de produzir a peça. Segundo ele, é possível criar o desenho em um dia, e, ter a peça pronta no outro.

Por fim o “Entrevistado 4” levantou ainda a questão da modelagem 3D *xiv.* permitir uma imagem foto-realista da peça através da renderização, *xv.* mostrar também todas as vistas da jóia possibilitando que se identifique se o que precisa ser corrigido ainda no modelo do computador, não havendo então surpresas no processo de prototipagem.

E afirma:

“Desvantagens eu não vejo nenhuma. Só vejo vantagens. É o caminho da evolução... O tempo que nós investimos em mão-de-obra, em treinamento de mão-de-obra, investimento em maquinário, etc isso já foi diluído há longa data. Porque a gente conseguiu fazer testes...

Além da cravação, é possível criar peças com perfeição na chapa, relevo, simetria. Outra vantagem é poder trabalhar com módulos. A partir desse módulo feito você vai aumentando a coleção vai multiplicando e a partir dos módulos compondo mais peças. E, quando você precisa refazer a peça, com a tecnologia você ganha tempo.”

Ao serem perguntados se a modelagem 3D e prototipagem rápida trouxe mudanças em seu processo de design, todos afirmaram que não mudaram o seu processo de criação. Eles falam que evoluiu, o que deixou a autora muito surpresa, já que para seu entendimento evoluir é mudar.

Para o “Entrevistado 1”, as tecnologias de modelagem 3D e prototipagem rápida por subtração o ajudaram a alcançar um nível de complexidade de peças que seriam impossíveis de serem feitas na banca. Já o “Entrevistado 3” comenta que a o computador preencheu a sua necessidade de ver imediatamente o resultado. Como ele diz:

“Sou imediatista. Gosto de ver as coisas prontas rápido, e o computador foi para mim a glória! Tanto que eu me apaixonei, estou viciada! Como eu consigo ver o que eu estou fazendo imediatamente... se precisar já mudo. Isso agiliza muito o meu processo de criação.

Quando eu estou criando eu rabisco um pouco, faço um croqui. Faço só um traço para a idéia não ir embora. Mas o resto é todo feito no computador. Eu nem escaneo nem nada, já criou no computador mesmo”.

O “Entrevistado 4” , afirma que

“meu processo de criação não é mais aquele tradicional de pesquisa, etc... sentado, trancado, ficar desenhando, projetando à mão.

Eu penso na peça que vai ser feita, já sabendo que a máquina vai solucionar tais e tais detalhes no desenho, que eu não preciso me importar em fazer à mão. Então eu tenho uma idéia pré-concebida, mais as referências que você vai encontra de literatura, referências de imagens, de escultura, e tal... Você vai trazendo tudo isso e vai trabalhando o design final. Mas eu já tenho a certeza de como eu quero a peça desde o começo... Eu vou buscar recursos para executar.”

Perguntado sobre a sobrecarga de conhecimentos que o designer de joias iria sofrer ao ter que aprender tantas coisas, o “Entrevistado 4” respondeu que, pela sua própria evolução profissional, a modelagem 3D e a prototipagem rápida não dão uma sobrecarga ao designer. Com o passar do tempo aprende-se a fundo todas as técnicas, e então não há mais chute no que se quer fazer.

“Você já sabe como quer fazer, e já sabe de soluções para desenho de peça, montagem de bancada depois, colocação de argolas, acabamentos. Aquela coisa: ‘Ah, o ourives não vai fazer porque não dá certo’, isso não existe mais. Isso é coisa do passado. Isso é coisa de amador”.

É preciso ter-se em mente que o “Entrevistado 4” trabalha em uma empresa altamente estruturada, com as funções de cada funcionário muito bem definidas. Seu papel como designer é de gerenciar o processo de criação das joias e não o de sentar no computador ou em frente ao equipamento de prototipagem rápida e executar os trabalhos.

Todos os entrevistados trabalham a muitos anos no setor, e conseqüentemente realizaram trabalhos e projetos de joias do modo tradicional antes de trabalharem com a modelagem 3D e a prototipagem rápida por subtração. Perguntados se elas trouxeram modificações formais e estéticas para o desenho de suas joias, os “Entrevistados 2, 3 e 4” afirmaram que ela trouxe modificações sim. Para o “Entrevistado 2” ela permitiu que se fizessem modelos que não se faziam anteriormente, ajudando a ampliar as possibilidades formais e estéticas.

O “Entrevistado 3” comentou que acredita que o computador, ao contrário do que todo mundo pensa, melhora a criatividade. O designer tem elementos que pode reutilizar, não precisando fazer, por exemplo, um anel em todas as vistas ou redesenhar o segundo pé de brinco (basta espelhá-lo). Também

permite que se troque e experimente virtualmente diversas combinações de cores de metais e de pedras, tudo em tempo real. No desenho manual é preciso redesenhar cada vez a peça do começo para se poderem fazer novas combinações. E especificamente no caso das vistas do anel, desenhando-se uma delas, no desenho manual não se consegue ver automaticamente o “resultado” nas outras; a mão cada vista precisa ser imaginada e depois desenhada para que o modelista possa executar a peça.

Para o “Entrevistado 4”, a utilização da modelagem 3D e da prototipagem rápida está ajudando a alcançar o seu ideal de joias, que são as joias “mecânicas”, aquelas não são só bonitas, tem movimento, mecanismos. E citou o exemplo da coleção “Happy Diamonds” da Chopard.

O “Entrevistado 1” foi o único que achou que ela não trouxe modificações formais e estéticas a seu trabalho como joalheiro, é importante ressaltar aqui que ele é também o único que não trabalha com desenho para serem executados por terceiros, mas sim criando as joias diretamente na banca. Mesmo assim ele fez questão de afirmar que a tecnologia facilita o trabalho de execução. Principalmente em razão a possibilidade que se abre com a reutilização e a modificação de arquivos já criados que ficam registrados na memória do computador.

Como a entrevista era uma entrevista semi-estruturada, outras questões interessantes foram levantadas pelos entrevistados, como por exemplo, a questão da bidimensionalidade e da tridimensionalidade no design de joias. Normalmente nos cursos de desenhos de joias existe uma preocupação muito grande em ensinar formas de ilustração e de desenho técnico, enfatizando mais a bidimensionalidade do que a tridimensionalidade do design de uma jóia. O “Entrevistado 4” comenta o fato de muitos designers de joias não entenderem a tridimensionalidade do projeto de jóia, não entenderem que a joalheria é uma facção da escultura:

“As técnicas de escultura, de modelagem, de fundição são as mesmas usadas na joalheria. Então a joalheria nada mais é do que uma escultura. A base é a escultura. E daí entender o tridimensional é de fundamental importância. E depois entender também tecnicamente como construir esse tridimensional é importante. Isso faz o seu desenho evoluir. Porque você entende o todo.”

O “Entrevistado 1” corrobora a importância da necessidade de uma visão tridimensional para se desenhar joias. Comentando que muitos designers não possuem essa visão.

Como pode ser visto de um modo geral, apesar da visão de cada um dos entrevistados sofrer algumas variações em razão da formação, da experiência, da função de cada um dentro da cadeia produtiva do setor joalheiro, etc foi possível constatar alguns pontos em comum entre todos eles, principalmente em relação as vantagens que as tecnologias proporcionam.

Outro fato que chamou a atenção, é que muitas vezes as afirmações e respostas das perguntas dos dois designers de indústrias de joias, “Entrevistados 2 e 4”, se aproximavam bastante. Já a dos dois prestadores de serviço, “Entrevistados 1 e 3”, eram mais diversificadas. É possível supor que isso se dê em razão da formação distinta de cada um deles, e também em razão da diferenças no tipo de *softwares* que cada um deles utiliza para modelar as suas joias.

A entrevista mostrou-se bastante valiosa. Muitas das informações coletadas através dela serviram para entender melhor a situação vivida durante a pesquisa empírica, que poderá ser vista no sub-capítulo seguinte. E para dar um maior destaque a essas informações, a tabela a seguir faz um resumo dos principais pontos levantados através das entrevistas:

Motivos para opção pela mudança tecnológica	<ul style="list-style-type: none"> - possibilidades técnicas e econômicas impossíveis na tecnologia tradicional - diferenciação do produto - tempo de aprendizado; treinamento - motivação - conformidade de fabricação de acordo com especificações do projeto
Critérios para a escolha entre as tecnologias	<ul style="list-style-type: none"> - mais barata - tecnologia madura: melhor resolução/ acabamento / testada - tecnologias posteriores ou complementares/adicionais - flexibilidade: outros serviços úteis à joalheria - ineditismo
Principal uso das tecnologias	<ul style="list-style-type: none"> - preparação para cravação - aperfeiçoamento e retrabalho (correções, diminuição de peso, etc) - fazer inscrições - “pré-formas” / volumes iniciais
Vantagens e desvantagens das modelagem 3D e da prototipagem rápida	<ul style="list-style-type: none"> - não foram mencionadas desvantagens - as vantagens são: <ul style="list-style-type: none"> • precisão • execução de detalhes • repetição de “forma” padrão, módulos • fazer mudanças ainda durante o processo de criação • trocar e experimentar virtualmente diversas combinações de cores de metais e de pedras mais facilmente • possibilidade de desfazer a operação (<i>undo</i>) • todas as vistas são modificadas juntas • analisar e determinar com precisão a quantidade de pedras, o peso • cálculos precisos do custo final • renderização fotorealista • testar o produto com o cliente • agilizar o tempo de produção

Processo de utilização dos equipamentos	<ul style="list-style-type: none"> - quem modela não acompanha a prototipagem rápida por subtração - não existem cursos de prototipagem específicos para joias - são aproveitados funcionários curiosos ou técnicos formados pelo SENAI em fermentaria e usinagem em grandes máquinas - alguns modelistas de joias ainda vêem a tecnologia como um grande concorrente, boicotando o trabalho - modelistas de joias que trabalham com a tecnologia perceberam que ela não tira o trabalho deles (tecnologia mal explicada)
Processo de design individual	<ul style="list-style-type: none"> - não criam especificamente pensando nas vantagens da tecnologia - sentiram que evoluíram profissionalmente - aumentou o nível de complexidade das peças - trouxe modificações formais e estéticas do produto - possibilitou criar modelos que não se faziam anteriormente - melhorou a criatividade (através das possibilidades de experimentação no momento de modelagem)

Quadro 29- Resumo dos resultados das entrevistas qualitativas.

3.2 Pesquisa empírica

Para realizar uma pesquisa mais aprofundada do processo de introdução da tecnologia de modelagem 3D e de prototipagem rápida, a autora aproveitou-se das possibilidades abertas pelo Projeto INOTEC, que se propunha a estudar a absorção dessas duas tecnologias em parceria com cinco MPEs que fazem parte do APL Jóia Carioca.

Através do conhecimento documentado no dia-a-dia deste processo de implementação das duas tecnologias e da inter-relação entre a equipe de pesquisa e dos designers das cinco MPEs, buscou-se complementar o conhecimento até então adquirido, já que nem a pesquisa bibliográfica nem tampouco as entrevistas podem substituir o aprendizado dentro de uma situação pesquisada.

Em razão do termo de confidencialidade exigido pelo edital, esta pesquisa empírica não poderá se aprofundar mais detalhadamente nos projetos apresentados pelas MPEs. Ela irá se ater mais ao processo de modelagem 3D a partir dos “projetos” apresentados pelos designers das empresas, as dificuldades enfrentadas com a absorção das duas tecnologias tanto pela equipe de pesquisa do Projeto INOTEC quanto pelos designers, a questão da tecnologia inovadora versus design inovador, etc.

Antes de se tratar da pesquisa propriamente dita, é preciso explicar alguns fatores relevantes, como por exemplo a escolha da tecnologia de prototipagem rápida por subtração pelo Projeto INOTEC, que é com certeza um fator determinante em todas os resultados que serão levantados. Outros fatores que podem ter tido influencia sobre os resultados também serão descritos abaixo,

como por exemplo, a escolha dos *softwares*, o fluxograma do processo de geração dos projetos e inter-relação entre a equipe de pesquisa e as MPEs.

Apesar de existirem diversas tecnologias de prototipagem rápida disponíveis no mercado, na elaboração do projeto para o edital acabou-se escolhendo a tecnologia de prototipagem rápida por subtração, em razão:

- da produção da prototipagem rápida por subtração custar significativamente menos em relação às demais tecnologias de prototipagem rápida, tornando a tecnologia acessível às MPEs do setor joalheiro carioca caso elas quisesse incorporar no futuro a tecnologia em seu processo de produção;
- dos protótipos serem de grande precisão e finalização de superfície, alcançando uma resolução de até 0.01 mm/ passo e eliminando assim os processos de pós-finalização, comuns nos sistemas de adição e laser; e
- dela suportar uma grande variedade de materiais, desde as ceras de modelagem utilizadas comumente no processo de produção de joias - até ABS, nylon e resinas como o acrílico.

E em razão disto, o equipamento escolhido foi a MDX-40 da Roland, que poderia ser adquirido no Brasil, sem precisar de importação. Projetada para atender especificamente o setor joalheiro, a MDX-40 é uma modeladora de mesa compacta, adequando-se ao espaço pequeno do laboratório de pesquisa. Seu quarto eixo rotatório permite também a modelagem automática de 2 ou 4 lados, gerando mais precisão do protótipo.

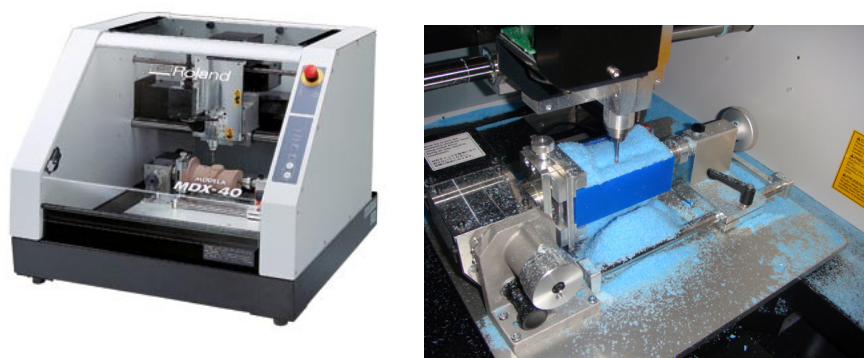


Figura 19– Fresadora Roland MDX-40 e detalhe de prototipagem no 4º-eixo indexado (cada lado de uma vez)

Como nessa tecnologia o fator de diferenciação está na elaboração da modelagem das peças no computador por programas 3D, era preciso escolher também *softwares* adequados. Seguindo a experiência documentada pelos pesquisadores do INT durante a implementação do Primeiro Centro de

Prototipagem Rápida para o Setor de Gemas, Joias, Bijuterias e Afins, acabou-se selecionando os seguintes programas para executar a pesquisa: *i.* Rhinoceros: programa de modelagem 3D, considerado mais intuitivo que os concorrentes, utiliza a linguagem Nurbs que facilita a construção de curvas mais precisas e formas orgânicas, *ii.* Techgems: plug-in do Rhinoceros, desenvolvido especialmente para a joalheria, que oferece recursos específicos e uma biblioteca com tipos de gemas, lapidações, cravações, correntaria, etc; *iii.* Flamingo: programa que permite a renderização das imagens fotorrealistas, facilitando a visualização e apresentação das peças criadas no Rhinoceros; e *iv.* os programas de “apoio” Corel Draw, utilizado para a construção de modelos em 2D que serão posteriormente exportados para serem trabalhados no Rhinoceros, e Photoshop para trabalhar as imagens.

Cada empresa teria disponível quatro horas semanais com a equipe no laboratório, para discussão dos desenhos, esclarecimento de dúvidas, apresentação e avaliação da modelagem 3D e das peças prototipadas.

Idealizada para ser uma parceria entre a equipe de pesquisa da PUC-Rio e os responsáveis pela produção em cada uma das cinco MPEs, foi criado um fluxograma do processo de pesquisa que pode ser visto, no “Anexo III”, para que o processo não se transforma-se em uma simples prestação de serviços.

3.2.1 Metodologia e levantamento de dados

A escolha das cinco empresas participantes do projeto recaiu sobre as especificidades do projeto (micro e pequenas empresas) e sobre a sua disponibilidade de participação no mesmo.

A amostragem foi formada por cinco MPEs do APL Jóia Carioca:

- uma empresa com mais de 10 anos de existência, que produz joias em ouro e prata, com vendas no atacado par todo o Brasil através da participação em feiras, e que também terceiriza seus serviços para outras empresas. Ela não terceiriza nenhuma parte de sua produção, pois possui uma das maiores estruturas de produção de joias do Rio de Janeiro. A empresa possui uma equipe de duas designers.
- uma empresa que acabou de sair da incubação e produz joias em ouro e prata, com vendas no atacado e no varejo. A maior parte de sua produção é feita para atender a serviços de terceiros. A

empresa não possui fundição, dependendo de serviço terceirizado. A dona da empresa acumula diversas funções, inclusive a de designer.

- uma empresa que produz joias em ouro e prata, com vendas no varejo com peças de tiragem reduzida. Apesar da empresa ter menos de dois anos as donas – uma delas é designer - tem muitos anos de experiência no setor, tendo trabalhado em uma renomada indústria de joias carioca. A empresa terceiriza a sua produção de joias.
- uma empresa de bijuterias que ainda está incubada no Instituto Gênesis da PUC-Rio. Ela desenvolve objetos de adorno em cerâmica plástica e metais não preciosos e vende no atacado através da participação em feiras. A tecnologia para a produção da cerâmica plástica foi desenvolvida internamente, já a parte de metal é terceirizada. Uma das donas é a designer.
- uma empresa de bijuterias com muitos anos de mercado. Ela desenvolve adornos e objetos em resina, com vendas no varejo e atacado nacional e internacional. Possui uma grande fábrica, com equipamentos criados e adaptados internamente. O dono desenvolve as peças, mas não possui nenhuma experiência em relação ao processo de design.

Antes de pedir aos designers desenhos para serem modelados e prototipados era preciso familiarizá-los com as possibilidades estéticas e formais que a modelagem 3D e a prototipagem rápida oferecem. Visando esta familiarização inicial dos designers das MPEs com as inovações possibilitadas pelas tecnologias de modelagem 3D e prototipagem rápida, foram apresentados exemplos de diversos fabricantes de joias nacionais e internacionais.

Após a criação pelos designers das MPEs de desenhos para serem modelados e prototipados, foi feita uma análise dos projetos das joias desenvolvidos por cada uma das MPEs, considerando todas as etapas da produção e sua adequação à prototipagem rápida por subtração.

Foi feita uma seleção dos projetos a serem modelados no *software* 3D (CAD). Nesta seleção a equipe de pesquisa se propôs a modelar todos os projetos apresentados, sem levar em consideração o seu grau de inovação formal e estética, recusando apenas aqueles considerados totalmente impossíveis de serem modelados no computador.

Após a execução da modelagem em 3D pela equipe de pesquisadores, os modelos no computador eram apresentados e discutidos com os designers das MPEs, tanto para tirar dúvidas quanto para obter as suas aprovações finais.

Os modelos 3D aprovados eram prototipados e os modelos em cera eram apresentados uma para avaliação técnica feita pelos designers e responsáveis das MPEs, antes de serem levados a produção de cada uma das empresas. Quando eram encontrados problemas as peças eram remodelada e prototipadas novamente.

Apesar de ser formada por designers de joias, a equipe optou por não fazer nenhuma sugestão de criação de modelos com a tecnologia, para não influenciar e “unificar” o design e o estilo das joias e bijuterias das MPEs.

Deu-se então início a pesquisa, e logo foi possível identificar que o processo previsto no fluxograma não conseguiu ser implantado. Uma das razões para o não funcionamento do fluxograma pode estar na sua criação em si, que não levou em consideração as particularidades de cada empresa para tentar criar um *modus operandi* único. Como vimos no capítulo sobre inovação, a cultura individual de cada uma das empresas pesa na hora de se implementar uma inovação. Pode ter pesado também o fato, como foi apontado na pesquisa documental sobre o setor joalheiro, da maioria das empresas do setor não estarem acostumadas a desenvolverem processos formais, tornando assim uma mudança proposta de “fora para dentro” difícil de ser implementada.

Mantendo as características de cada uma das empresas, a entrega dos desenhos pelas MPEs para serem modelados e prototipados não seguia um único padrão. Alguns projetos eram entregues em programas vetoriais, como o Corel Draw, que facilitava muito a execução do modelo 3D no programa Rhinoceros, já que bastava importá-los e trabalhá-los com as “ferramentas” indicadas, tornando o tempo de modelagem 3D, em comparação aos modos apresentados a seguir, o menor de todos.

Outros eram entregues em desenhos técnicos feitos a mão com três vistas da peça, que por estarem em 1:1 não eram cotados – um modo muito usado pelos designers de joias para apresentarem os seus projetos para os modelistas de joias dentro das empresas do setor joalheiro. Para tirar as dúvidas, a equipe de pesquisa da PUC-Rio revia as medidas com os designers antes de começar a modelagem 3D. Depois digitalizava-se o desenho através de um scanner, e a equipe de pesquisa ou modelava diretamente no Rhinoceros a partir do desenho digital importado, ou vetorizava o desenho no Corel Draw para depois importá-lo para o programa de modelagem 3D.

Havia ainda alguns desenhos que eram entregues em *sketches*/rascunhos feitos na frente da equipe de pesquisa – eram os que precisavam ser mais trabalhados, já que o designer normalmente neste caso não pensa em todas as possibilidades formais da peça deixando muitas “perguntas” em aberto para quem está realizando o modelo, tanto do modo tradicional em prata ou cera, quanto no modo computadorizado.

E, ainda havia peças que eram feitas a partir de modelos reais que precisavam ser medidas e “desenhadas” pela equipe de pesquisa para poderem ser construídas digitalmente.

Essa diversidade na entrega de projetos mostrou como é importante que a pessoa que modele a jóia no computador não entenda apenas do *software*, mas também de desenhar jóia. Como pode ser visto acima, em diversos momentos, as medidas tinham que ser revistas e complementadas, mesmo no caso dos desenhos técnicos mais precisos.

Apesar de alguns designers das MPEs já terem feito curso do programa Rhinoceros, ninguém entregou desenhos modelados tridimensionalmente. Uns alegavam que não se lembravam mais de como usar todas as “ferramentas” do programa, outros que iriam perder muito tempo modelando as joias no programa CAD, já que como não faziam uso constante do Rhinoceros não tinham velocidade nem “fluência” no programa. É preciso destacar que alguns designers e responsáveis pela criação mostraram interesse em se atualizarem ou mesmo aprenderem a trabalhar com o Rhinoceros, mas queriam fazê-lo por conta do projeto, ou seja, sem utilização de recursos próprios.

3.2.2 Resultado

Um dos mais importantes fatos percebidos é que a absorção do processo de inovação pelas MPEs no seu dia-a-dia não se dá simplesmente, confirmando as afirmações de Schilling (2008) e de La Rovere (2001) apresentadas no sub-capítulo 1.2.2 Inovação nas micro e pequenas empresas (MPEs).

A constatação que a apresentação das possibilidades estéticas e formais que a modelagem 3D e a prototipagem rápida oferecem, prevista na metodologia para criar uma familiarização dos designers da MPEs, seria suficiente para instigar e inspirá-los a pesquisarem novas linguagens para a joalheria não se confirmou. Corroborando a pesquisa documental sobre inovação, percebeu-se que apenas disponibilizar uma nova tecnologia não é suficiente para gerar uma

mudança. Inovações de todos os tipos, incluindo-se neste caso “inovações estéticas”, não se dão de forma automática.

É preciso levar em consideração também, o fato de nenhum dos designers das empresas trabalharem com o programa de modelagem 3D Rhinoceros, ou mesmo outro programa CAD, pode ser um empecilho a esta busca por uma estética inovadora.

A decisão da equipe de pesquisa do Projeto INOTEC em não interferir nos desenhos facilitava por um lado sua execução – já que as MPES tinham que entregar os projetos de joias “todo pensado”, mas por outro lado impedia que houvesse aquela “transformação/melhora” que ocorre durante o processo de desenvolvimento de uma peça. Muitas vezes ao se procurar por uma solução formal e estética esbarra-se em outra que mesmo não tendo sido imaginada anteriormente, mostra-se mais interessante e única do que a proposta inicial. Quando o designer modela a sua própria peça, essas mudanças podem ser incorporadas ao projeto à medida que se apresentam – experiência própria da autora ao criar suas peças para concursos. Mas quando é um terceiro que o faz, normalmente não há tempo de parar, sentar, discutir e avaliar se vale a pena incorporar essas mudanças ou não; executa-se apenas o projeto apresentado.

Já em relação ao processo de prototipagem rápida, pelo menos a de subtração, pode-se ver que não é tão simples quanto propagado pelo fornecedor do equipamento. Não basta, como por exemplo, no caso da impressão de uma imagem, apenas dar “saída” ao modelo 3D para o equipamento de prototipagem rápida. O processo é muito mais complexo. Depois do desenho modelado em um programa CAD, exportado e importado em um programa CAM, é preciso:

1. traçar as estratégias de prototipagem para cada peça a ser prototipada, especificando em cada etapa o tipo de fresa, velocidade, distância dos passos laterais, alturas do início e do fim do movimento da fresa, etc;
2. ajustar o ponto de início (X,Y) da prototipagem no programa CAM, com o ponto “real” do bloco equipamento de prototipagem rápida;
3. colocar a fresa específica para a respectiva etapa de prototipagem;
4. programar a altura da fresa, através da determinação do ponto “zero” em Z;
5. iniciar o processo de prototipagem desta etapa;
6. esperar que seja finalizado, para então começar o processo todo novamente com um fresa mais delicada.

Normalmente são precisos no mínimo 3 a 4 etapas de desbastes para alcançar o acabamento ideal para um modelo de jóia, tornando o processo bastante demorado. O fato de ter que trocar manualmente as fresas, determinando a cada troca o ponto “zero” em Z, impede que o equipamento trabalhe sem uma pessoa presente, tornado impossível seu funcionamento durante 24h por dia.

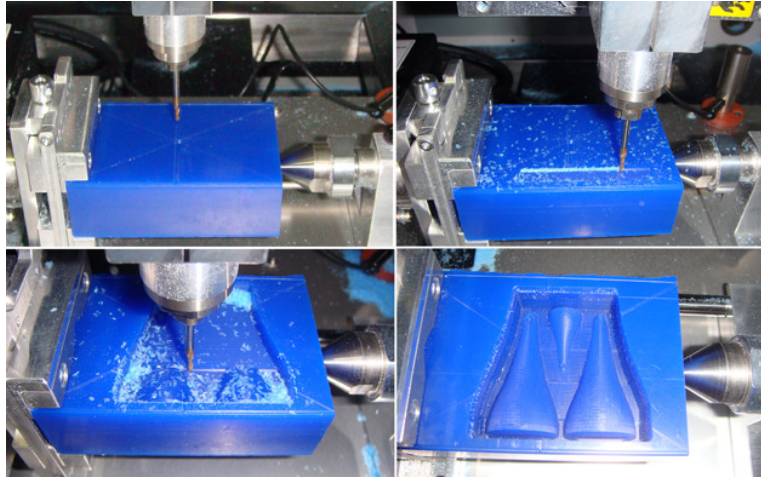


Figura 20– Etapas de desbastes

Outro fato percebido é que a peça não sai totalmente finalizada como anunciado pelos representantes do equipamento. Para executá-las é preciso se criar “hastes” que a prendem em uma moldura e servem para manter a estrutura do bloco preso ao eixo. Como é um processo de subtração, ou seja, material está sendo tirado, durante o desenvolvimento do processo de prototipagem toda a estrutura vai se tornando mais frágil, sendo segura apenas por estas “hastes”. Elas não podem assim ser muito delicadas, e ao final do processo precisam ser retiradas manualmente através de serra e lima.

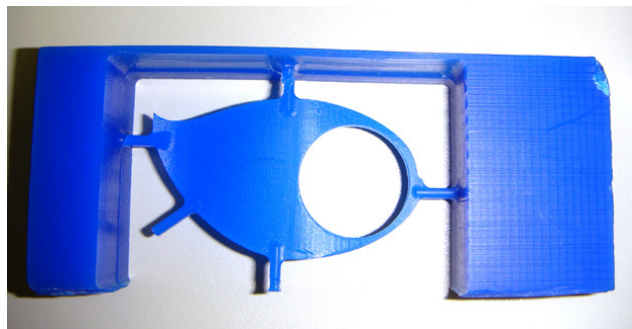


Figura 21– “Hastes” prendendo a peça prototipada à moldura (neste exemplo ficaria muito difícil retirá-las porque não foram planejadas corretamente e estão “invadindo” a peça)

É preciso que a pessoa que manuseie esta tecnologia tenha também algum conhecimento de ourivesaria, sabendo mexer com serra e limas para

poder retirar esta moldura sem danificar o modelo. É claro que o modelo prototipado pode ser entregue com estas hastes para que as próprias empresas façam a sua subtração na cera ou mesmo no modelo em prata, diminuindo assim as demandas sobre o profissional que manuseia a tecnologia. Mesmo assim, a idéia inicial de que um só profissional consiga ser responsável por todo este processo mostrou-se pouco produtiva.

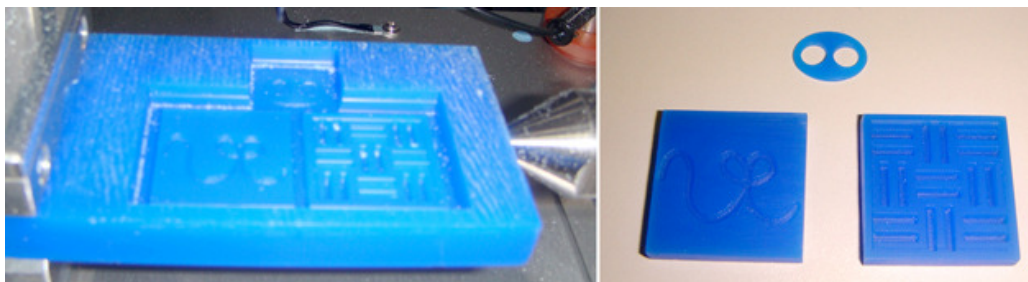


Figura 22– Modelos em processo de prototipagem e depois finalizado, onde as “hastes” foram retiradas manualmente

Também foi percebido, que o treinamento oferecido pelo representante do equipamento não é suficiente – abrindo-se assim um gargalo na difusão da tecnologia. Apesar do representante do equipamento garantir na hora da compra que seria dado um treinamento completo, que permitiria a equipe manusear adequadamente a tecnologia, as informações foram passadas em apenas um dia – ou seja, oito horas. Durante esta apresentação, foi ressaltado pelos representantes da empresa que apenas com o tempo e com a experiência própria (*learning by doing*), esse conhecimento seria adquirido. Explicando-se assim um pouco da postura autodidata dos entrevistados na entrevista não focada apresentada no sub-capítulo anterior.

Mesmo havendo no Laboratório de Volume e Prototipagem da PUC-Rio também um equipamento de prototipagem por subtração da Roland, como o modelo era diferente, sem o 4º-eixo, foi preciso que a equipe realizasse um treinamento externo para poupar tempo e erros que acontecem no auto-aprendizado.

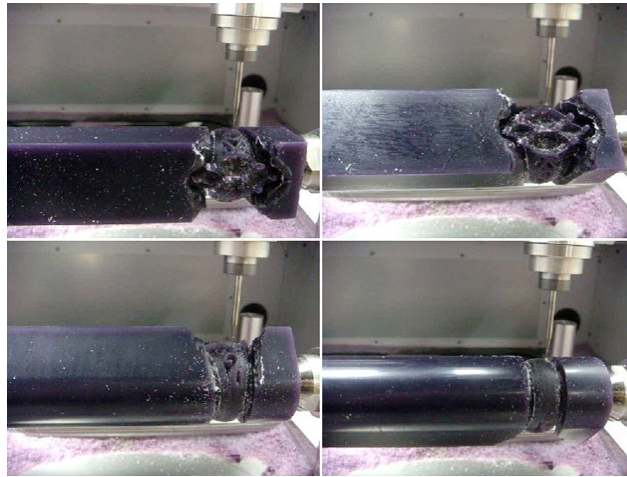


Figura 23– Exemplo de prototipagem em rotação com o 4º-eixo

Neste treinamento de uma semana, o consultor repassou à equipe de pesquisa dicas e conhecimentos que ele adquiriu durante sua experiência com Roland MDX-40, poupando muitos meses de experimentações. Isso mostra a necessidade de ser criado um melhor processo de treinamento por parte dos revendedores dos equipamentos de prototipagem rápida por subtração, já que o processo não é simples.



Figura 24– Tipos de fresas: topo e raiada usada para os primeiros desbastes e para as fases intermediárias de prototipagem e flat cônica e paralela para detalhes

Outro ponto percebido durante a utilização do equipamento de prototipagem rápida por subtração, é que a “estratégia de prototipagem” é de suma importância. Existem vários tipos de fresas com funções específicas, como pode ser visto acima. As mais grossas para os desbastes iniciais, as mais finas para os detalhes, algumas cônicas, outras paralelas, etc.

Como as camadas são removidas em etapas, é crucial definir a escolha correta da fresa a ser usada em cada uma delas, a sua velocidade de rotação, o

caminho e a medida dos seus passos de deslocamento lateral, a medida dos passos de “mergulho” vertical, etc. Disso depende a velocidade de execução da prototipagem e também a qualidade do acabamento do modelo. Um erro pode inutilizar todo o trabalho já realizado, forçando o processo a ser iniciado novamente do começo, ou até mesmo danificando a fresa ou o equipamento.

Mesmo que o designer adquira todos os conhecimentos técnicos necessários para acumular as funções de: *i.* criar as joias, *ii.* modelá-las em um programa CAD, *iii.* preparar as estratégias de prototipagem em um programa CAM, *iv.* acompanhar o processo de prototipagem fazendo todos os ajustes necessários para cada etapa, e *v.* fazer, no final, a supressão das “hastes” manualmente através de serra e lima, o trabalho técnico e demorado de prototipagem da peça consome tempo de criação de novos modelos. Apesar dele conseguir com o acúmulo de todas estas funções um maior controle do processo de modelagem, em um processo industrial onde a especialização de funções garante uma maior velocidade de produção, este acúmulo criaria um gargalo e uma sobrecarga para o(s) designer(s).

O ideal para uma empresa de joias seria dividir o processo em uma equipe formada por designer(s), que cuidariam da criação e da modelagem 3D das peças, e técnico(s) em prototipagem rápida, responsável por todo o processo de execução do modelo. Trabalhando lado a lado, os dois poderiam trocar idéias durante os processos de criação/modelagem e prototipagem, e teriam tempo de se especializarem em suas funções, realizarem pesquisas as novidades de cada uma das áreas.

Como pode ser visto, o processo é muito trabalhoso e dispendioso para que seja usado na execução de peças que podem ser feitas de modo mais rápido através do processo tradicional (modelista). Por isso a autora acredita que os dois processos irão conviver paralelamente até que a tecnologia se torne mais simples, e sua capacitação se torne mais acessível.

Em razão disso, é importante que os designers e responsáveis pela criação dos modelos de joias saibam avaliar que projetos valem a pena ser feitos através da modelagem 3D e da prototipagem rápida e que projetos devem ser feitos pelo modelista, fazendo com que eles busquem aproveitar as vantagens que cada uma das duas tecnologias - a tradicional e a computacional - oferecem.

Um resumo dos resultados atingidos por essa pesquisa empírica em relação a temas como: *i.* modelagem 3D: *ii.* prototipagem rápida por subtração (usinagem); e *iii.* absorção da tecnologia pode ser visto na tabela a seguir.

Modelagem 3D	<ul style="list-style-type: none"> - podem ser modelados em <i>softwares</i> CAD, como por exemplo o Rhinoceros, ou pode-se usar apenas vetores (prototipagem 2D) - nenhuma das empresas entregavam os projetos modelados em softwares 3D - os projetos eram entregues em: <ul style="list-style-type: none"> • programas vetoriais - Corel Draw • fichas técnicas desenhadas a mão 1:1 • <i>sketches</i> sem as 3 vistas e sem medidas definidas • fotos e ilustrações • objetos que precisavam ser medidos - é preciso que todas as vistas, detalhes e medidas estejam definidas na entrega do projeto - o tempo varia conforme a complexidade do projeto, mas a entrega em vetores digitais facilita muito a execução do modelo 3D (podem ser importados no programa Rhinoceros)
Prototipagem Rápida por Subtração (Usinagem)	<ul style="list-style-type: none"> - o processo de prototipagem rápida por subtração é muito complexo <ol style="list-style-type: none"> 1. traçar as estratégias de prototipagem para cada peça a ser prototipada, especificando em cada etapa o tipo de fresa, velocidade, distância dos passos laterais, alturas do início e do fim do movimento da fresa, etc; 2. ajustar o ponto de início (X,Y) da prototipagem no programa CAM, com o ponto "real" do bloco equipamento de prototipagem rápida; 3. colocar a fresa específica para a respectiva etapa de prototipagem; 4. programar a altura da fresa, através da determinação do ponto "zero" em Z; 5. iniciar o processo de prototipagem desta etapa; 6. esperar que seja finalizado, para então começar o processo todo novamente com uma fresa mais delicada. - o processo demanda tempo (3 a 4 etapas de desbastes para alcançar o acabamento ideal para um modelo de jóia) - a peça não sai totalmente finalizada ("hastes" que prendem a peça em uma moldura e elas precisam ser removidas no final do processo manualmente) - estratégia de prototipagem é de suma importância, um erro pode inutilizar todo o trabalho - as estratégias estão ligadas ao tipo de peça e a cada tipo de fresa que deve ser usada (mais grossas para os desbastes iniciais, as mais finas para os detalhes, algumas cônicas, outras paralelas, etc) - é preciso saber avaliar que projetos valem a pena ser feitos através da modelagem 3D e da prototipagem rápida e que projetos devem ser feitos pelo modelista.
Absorção da tecnologia	<ul style="list-style-type: none"> - disponibilizar uma nova tecnologia não é suficiente para gerar uma mudança (inovações não se dão de forma automática) - difusão da tecnologia esbarra no treinamento insuficiente oferecido pelo representante do equipamento - o acúmulo das funções de criar, modelar no computador e prototipar as peças cria um gargalo de tempo para o designer (divisão entre quem modela quem prototipa um modelo)

Quadro 30- Resumo dos resultados da pesquisa empírica

3.3 Conclusões

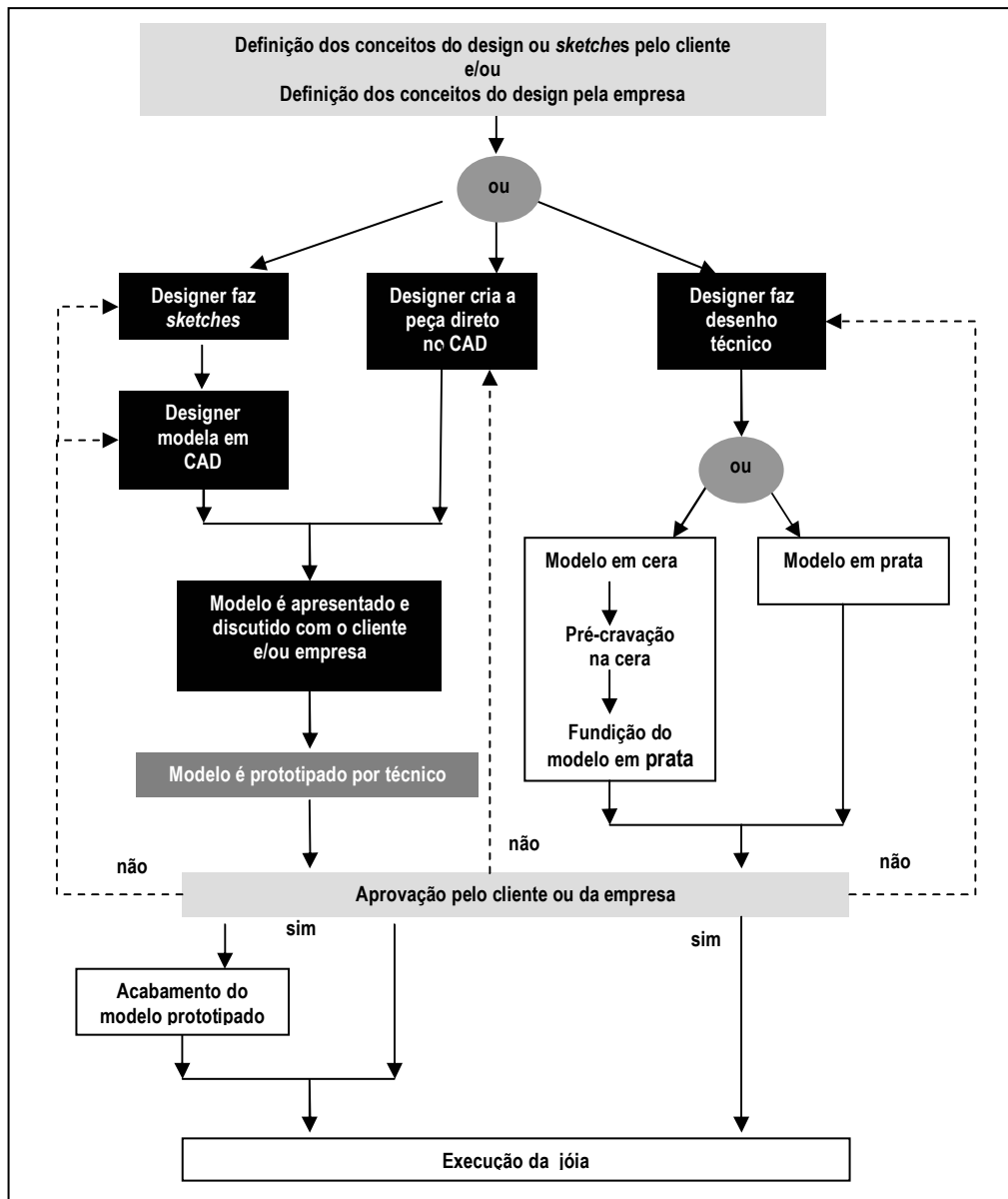
O que mais chamou a atenção da autora, tanto através das entrevistas quanto da pesquisa empírica no Projeto INOTEC, é que a tecnologia de modelagem 3D e de prototipagem rápida – neste caso de subtração – não substitui completamente o processo tradicional de criação de modelos de joias. Além de existirem peças e acabamentos que só podem ser feitos manualmente, existem peças que não valem a pena serem realizadas através da tecnologia de

modelagem 3D e prototipagem rápida e continuarão a ser executadas por modelista. É importante que o designer e os responsáveis pela produção das empresas saibam distinguir que tipos de desenhos são mais adequados para serem modelados no processo computacional e quais podem ser feitos pelo o modelista manualmente.

Outro fato percebido tanto através da entrevista quanto através da pesquisa empírica é que o designer não precisará absorver todas as etapas da modelagem computacional, ou seja, modelagem 3D e prototipagem rápida, pelo menos dentro do processo de modelagem de joias dentro de uma empresa. A parte de prototipagem dos modelos 3D – principalmente no caso da prototipagem rápida por subtração - pode ser executada por um técnico ou até mesmo terceirizada externamente para que não haja um gargalo na criação e produção de joias. Assim sendo, o “Modelo de atuação do designer dentro do processo de criação de joias com as novas tecnologias” (Quadro 27, página 85 desta dissertação) proposto pela autora a partir da pesquisa bibliográfica, precisa ser revisto. O designer terá que agir de forma específica, dependendo da tecnologia que melhor se adapte a proposta do design da jóia apresentada.

No novo modelo que pode ser visto a seguir, a forma de atuação do designer e sua interação com os outros profissionais da empresa em que trabalha irá variar, conforme a tecnologia utilizada e as especificidades de cada projeto. Se a jóia for executada pelo modelista de joias, o designer pode continuar fazendo apenas um desenho bidimensional – *sketch*, desenho artístico ou até mesmo desenho técnico das vistas da peça – para que o modelista de joias crie o modelo interpretando as “lacunas” do projeto com seu conhecimento tácito.

Mas no caso da jóia precisar ser executada, por razões estéticas ou de produção, através da modelagem 3D e da prototipagem rápida, é importante que ele conheça as possibilidades oferecidas pelos programas CAD. Só assim o designer conseguirá incorporar, no momento de criação, as possibilidades que as “ferramentas” destes *softwares* oferecem. O exemplo do “Entrevistado 3”, que comentou que o computador melhora a criatividade, já que ele tem durante o processo de design a facilidade de reutilizar elementos, trocar e experimentar virtualmente diversas combinações de cores de metais e de pedras, tudo em tempo real, mostra as vantagens de se projetar as joias através do computador. Já no caso do desenho manual, onde é preciso redesenhar cada vez peça do começo, as possibilidades de experimentação ficam mais reduzidas.



Quadro 31– Novo modelo de atuação do designer dentro do processo de produção de modelos de jóias com o uso da tecnologia de modelagem 3D e prototipagem rápida

Apesar da necessidade do designer adquirir novos conhecimentos para exercer todas essas funções propostas no modelo acima, através das entrevistas, pode-se perceber isso não foi encarado como um peso ou uma sobrecarga pelos designers entrevistados que trabalham com essas tecnologias há mais de 2 anos. Ao contrário, para eles esses novos conhecimentos adquiridos trouxeram uma evolução ao processo de design de cada um.

Como foi percebido tanto nas entrevistas como na pesquisa empírica, uma visão tridimensional é importante para se criar e desenhar jóias. Como tradicionalmente o designer cria um desenho bidimensional, tanto no caso da

ilustração da peça como no do caso do desenho técnico, muitas vezes ele acaba não desenvolvendo uma visão tridimensional de seu projeto. Este problema também foi identificado em alguns desenhos entregues pelos designers das empresas a equipe de pesquisa do Projeto INOTEC. Muitos designers usavam apenas *sketches* para comunicar a idéia de seu projeto, que precisavam ser detalhados pela equipe em parceria com os designers antes de serem modelados, pois faltam soluções para algumas partes da peça. E mesmo em alguns desenhos técnicos as vistas não combinavam entre si.

Modelando sua peça em um programa 3D o designer de joias começa a desenvolver essa visão tridimensional, que anteriormente era desenvolvida apenas na banca com a criação de objetos reais.