

## As possíveis contribuições da prototipagem rápida para a melhoria da competitividade na produção joalheira da cidade do Rio de Janeiro

Joaquim da Hora Oliveira Fonseca (CEFET/RJ) joaquimdahora@wnetrj.com.br

Leydervan de Souza Xavier (CEFET/RJ) xavier@cefet-rj.br

José Antonio Peixoto (CEFET/RJ) jpeixoto@cefet-rj.br

### Resumo

*A competição crescentemente globalizada vem impondo contínuas modificações nas tecnologias e processos de trabalho dos setores produtivos em geral. Assim, setores tradicionalmente usuários intensivos e extensivos de mão-de-obra artesanal, entre eles o setor joalheiro, vêm utilizando cada vez mais novas tecnologias e novos processos, na busca dos melhores níveis de competitividade, através especialmente das inovações e da maior agregação de valor aos seus produtos. Neste artigo, que é parte de uma pesquisa de mestrado, são discutidos aspectos relevantes na utilização de tecnologias de Prototipagem Rápida na produção de jóias, focando os possíveis benefícios para a sua produção e identificando dificuldades para a utilização de tais tecnologias no Arranjo Produtivo Local (APL) de Jóias da Cidade do Rio de Janeiro, reconhecido como um dos maiores pólos produtores e principal exportador de jóias do País.*

*Palavras-chave: Arranjo produtivo local; Prototipagem rápida; Joalheria.*

### 1. Introdução

Especialmente a partir da década de 90, o acirramento da concorrência internacional na produção de jóias, estabeleceu uma dinâmica de modificações com crescente utilização de novas tecnologias e processos. Isto vem fazendo com que, a exemplo do ocorrido em outros setores, venha diminuindo a participação dos artesãos tradicionais, substituídos paulatinamente por profissionais especialmente treinados nas novas tecnologias e processos específicos, para a joalheria, notadamente nas fases de criação/*design* e de modelagem física, destacando-se aí o emprego de tecnologias de Prototipagem Rápida. Diante dessa realidade, o Brasil, buscando maior competitividade e maior agregação de valor aos produtos e, sobretudo, anular a tendência de diminuição da sua participação no mercado mundial de jóias, através da atuação do Ministério do Desenvolvimento da Indústria e Comércio Exterior (MDIC), do Serviço Brasileiro de Apoio à micro e Pequena Empresa (SEBRAE) e do Instituto Brasileiro de Gemas e Metais Preciosos (IBGM) entre outros, vem incentivando a dinamização crescente desse importante setor produtivo, destacando-se entre as ações e estratégias desenvolvidas para esse objetivo, o reconhecimento formal de Arranjos Produtivos, como o Arranjo Produtivo Local (APL) de Jóias da Cidade do Rio de Janeiro, reunindo grandes e médias empresas de classe internacional e majoritário número de micro e pequenas empresas que representam cerca de 96% do APL, segundo dados fornecidos pela Associação de Joalheiros e Relojoeiros do Rio de Janeiro (AJORIO). É nesse contexto de produção que este

trabalho, parte de uma dissertação de mestrado, tem objetiva analisar os possíveis benefícios do emprego de tecnologias de Prototipagem Rápida (PR), identificando ainda dificuldades a serem enfrentadas para a efetiva utilização de tais tecnologias.

## 2. Metodologia da pesquisa realizada

O trabalho ora apresentado resulta de vertentes de pesquisa que buscaram principalmente:

- o conhecimento das tecnologias de Prototipagem Rápida (PR), dos materiais utilizados, dos produtos e da sua evolução nos últimos anos e da produção de jóias em geral, quanto às técnicas, aos processos e aos equipamentos, entre outros aspectos;
- uma visão da importância do desenvolvimento de Aglomerados Locais e, diante do reconhecimento formal do Arranjo Produtivo Local (APL) de Jóias da Cidade do Rio de Janeiro, em 16 de dezembro de 2004, analisar entre outros aspectos, a sua composição quantitativa e qualitativa, em termos de empresas participantes nas decisões e ações de seu interesse e seu relacionamento com associações e entidades de classe.
- a identificação do perfil dos principais dirigentes das empresas participantes, da mão-de-obra empregada e as estratégias para a introdução de novas tecnologias e processos de trabalho, buscando uma visão de cenário/paisagem do ambiente da produção joalheira local. Neste aspecto, além da pesquisa realizada pelos autores junto a empresas e profissionais/especialistas, constituídos principalmente por *designers* e produtores de modelos/protótipos e de jóias, para identificar e analisar as possíveis dificuldades existentes para a introdução de tecnologias de PR no setor joalheiro local, vale ressaltar a importância do acesso a dados de pesquisa realizada pelo SEBRAE/RJ junto às empresas componentes do APL.

## 3. Contextualização

Segundo estatísticas de 2004 divulgadas pelo (IBGM), na produção mundial de jóias liderada pela Itália, seguida pelos Estados Unidos, Hong Kong, Suíça, China e Índia, o Brasil ocupava apenas o 29º lugar na produção de jóias e o 18º como exportador, ainda que reconhecido internacionalmente pela diversidade e grande ocorrência de pedras preciosas em seu solo tais como a turmalina, a água marinha, a ágata, as ametistas, os topázios e as esmeraldas. Segundo o Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES, o Brasil é responsável por cerca de 1/3 da produção de todas as gemas do mundo e também é expressivo exportador de ouro.

Ao se analisar as exportações brasileiras do setor de gemas e metais preciosos, mostradas na Tabela 1, constata-se que a sua maior parte é constituída por produtos de baixo valor agregado, ou seja, num total exportado de US\$ 742 milhões em 2004, apenas US\$ 219 milhões ou 29,5%, corresponderam a produtos industrializados, e desse total, a produção de jóias, incluindo joalheria de metais preciosos e folheados, produtos com maior valor agregado, corresponderam a apenas US\$ 152 milhões ou 20% do total exportado naquele ano.

<i>Principais Itens</i>	<i>2001</i>	<i>2002</i>	<i>2003</i>	<i>2004</i>
<i>Pedras em Bruto</i>	<i>34.494</i>	<i>44.655</i>	<i>47.629</i>	<i>47.550</i>
<i>Pedras Lapidadas</i>	<i>62.650</i>	<i>74.157</i>	<i>55.697</i>	<i>77.299</i>
<i>Obras e Artefatos de Pedras</i>	<i>10.180</i>	<i>13.017</i>	<i>13.456</i>	<i>14.775</i>
<i>Ouro em Barras, Fios e Chapas</i>	<i>335.339</i>	<i>349.131</i>	<i>327.119</i>	<i>412.813</i>

<i>Produtos de Metais Preciosos para Indústrias</i>	<i>34.463</i>	<i>41.299</i>	<i>40.032</i>	<i>31.584</i>
<i>Joalheria/Ourivesaria de Metais Preciosos</i>	<i>67.512</i>	<i>60.155</i>	<i>67.691</i>	<i>93.063</i>
<i>Folheados de Metais Preciosos</i>	<i>65.532</i>	<i>53.530</i>	<i>58.170</i>	<i>59.019</i>
<i>Bijuteria de Metais Comuns</i>	<i>3.070</i>	<i>1.613</i>	<i>2.730</i>	<i>4.766</i>
<i>Outros produtos</i>	<i>11.401</i>	<i>3.749</i>	<i>1.470</i>	<i>879</i>
<i>Totais</i>	<i>624.641</i>	<i>641.306</i>	<i>613.994</i>	<i>741.748</i>

Fonte: MDIC

Tabela 1 – Exportações brasileiras de gemas e metais preciosos

Considerando que, segundo o BNDES, a jóia de ouro apresenta uma agregação média de 10 vezes o valor do metal empregado na sua produção, fica clara a necessidade de incentivar a produção de jóias, especialmente em espaços geográficos com reconhecida vocação e tradição para tal. Reconhecendo tal fato, o governo brasileiro, através do MDIC, vem incentivando o setor joalheiro e estabeleceu como meta a exportação já em 2006 de US\$ 500 milhões em produtos com maior valor agregado, envolvendo jóias, folheados e pedras lapidadas.

No contexto das exportações brasileiras de jóias, o Rio de Janeiro ocupa posição de destaque, sendo efetivamente responsável, ainda que com participação declinante, pela maior parte das exportações, conforme mostrado na Tabela 2.

Exportações \ Anos	2002	2003	2004
Exportações do Brasil	60.155	67.691	93.063
Exportações do Rio de Janeiro	47.801	47.810	56.093
Participação do Rio de Janeiro %	79%	70%	60%

Fonte: Associação de Joalheiros e Relojoeiros do Rio de Janeiro (AJORIO)

Tabela 2. Participação do Rio de Janeiro nas exportações brasileiras de jóias.

Tal posição resulta de vários fatores, tais como o maior afluxo de turistas tanto estrangeiros como nacionais, potencialmente maiores compradores de jóias, a presença no Rio de Janeiro de grandes empresas joalheiras de classe internacional, bem como de instituições importantes, que, de alguma forma, podem contribuir para a pesquisa e desenvolvimento da produção de jóias, como o Instituto Nacional de Tecnologia (INT), universidades, escolas técnicas, centros de pesquisa e incubadoras de *design* entre outros, confirmando o entendimento de Santos, M. (2004) quando afirma que “os lugares se distinguem pela diferente capacidade de oferecerem rentabilidade aos investimentos. Essa rentabilidade é maior ou menor, em virtude das condições locais de ordem técnica, (equipamentos, infra-estrutura, acessibilidade organizacional, leis locais, impostos, relações trabalhistas, tradição laboral, etc.). Essa eficácia mercantil não é um dado absoluto do lugar, mas se refere a um determinado produto e não a um produto qualquer”. Também, segundo Lastres e Cassiolato (2005) o território apresenta uma variedade de dimensões, tais como a “dimensão física, a dimensão econômica, a dimensão sócio política, a dimensão simbólica que inclui as ligações afetivas, culturais e de identidade do indivíduo ou grupo social com seu espaço geográfico e a dimensão cognitiva, relativa às condições para a geração, uso e difusão do conhecimento” que podem ou não

favorecer o desenvolvimento de ações para o fomento de determinadas atividades. Entre as principais ações previstas para desenvolvimento no APL de Jóias da Cidade do Rio de Janeiro, estão o estímulo para ações empreendedoras e de capacitação gerencial, o desenvolvimento industrial do setor joalheiro como um todo e acesso ao *design* e a novas tecnologias, ressaltando-se neste aspecto o emprego de *softwares* específicos para o *design* e de tecnologias de prototipagem rápida na produção de jóias, foco do presente trabalho.

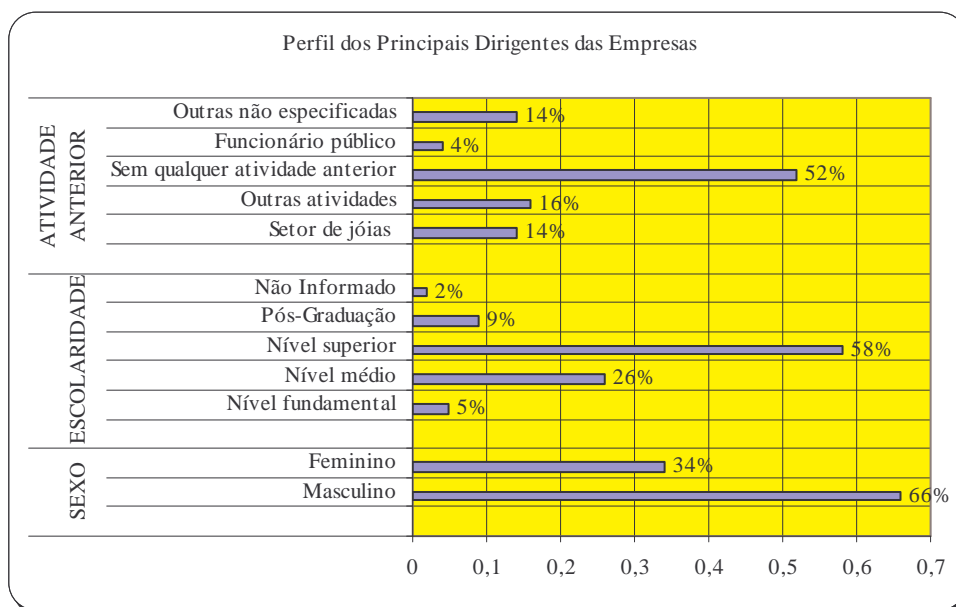
#### 4. Outros dados sobre o APL de jóias da cidade do Rio de Janeiro

O APL de jóias da Cidade do Rio de Janeiro reúne na sua fase inicial cerca de 80 empresas produtoras de jóias e em torno de 1000 empresas de comercialização. Nesse conjunto, predominam as micro e pequenas empresas que representam cerca de 96% do total. Todas as empresas estão situadas no espaço territorial compreendido pela Cidade do Rio de Janeiro, com maior concentração no Centro, Ipanema e Barra da Tijuca.

Quanto à participação das empresas do APL nas decisões relacionadas com as suas atividades, segundo pesquisa do SEBRAE/RJ, apesar de cerca de 83% das empresas declararem terem tido conhecimento das ações voltadas para o desenvolvimento do setor e de 52% reconhecerem benefícios dessas ações para as suas atividades, cabe ressaltar que expressiva maioria, cerca de 74% se declararam não participantes do processo de decisões relacionadas com as suas atividades.

Por outro lado, na pesquisa já citada, constata-se sobre o perfil dos principais dirigentes das empresas do APL, resumido na Figura 1, que somente 14% deles desenvolviam atividades anteriores no setor de jóias, enquanto que 34% desenvolviam outras atividades não relacionadas com a atividade joalheira e que 52% não tinham desenvolvido qualquer outra atividade laborativa antes de se dedicar à atividade joalheira.

A pesquisa revela ainda dado positivo quando constata que a maioria (93%) dos dirigentes tem formação escolar que vai do nível técnico até à Pós-Graduação, sendo que nesse universo 59% têm nível superior e 9% nível de Pós-Graduação, o que, em princípio, se apresenta como fator importante para conscientização e possíveis ações para a melhoria da produtividade, para a introdução de novas tecnologias e processos e para a melhoria da competitividade.



Fonte: SEBRAE/RJ

Figura 1 – Perfil dos principais dirigentes das empresas do APL

## 5. Caracterização do processo de prototipagem rápida

Descrito de forma sucinta, o processo de Prototipagem Rápida (PR) tem início com uma representação tridimensional do objeto que se quer produzir, utilizando-se um software de CAD (*Computer Aided Design*), com arquivos de saída no formato STL, denominação derivada da palavra *Stereolithography* e se constitui basicamente de uma representação em malha triangular do objeto a produzir.

A etapa seguinte na PR é a passagem para um sistema CAM (*Computer Aided Manufacturing*), empregado de forma específica para cada tecnologia/equipamento de PR, sendo então a modelagem resultante da fase anterior, seccionada em finas fatias, que podem chegar a espessuras da ordem de centésimos de milímetro, paralelas entre si e perpendiculares ao eixo z de construção. Com base no fatiamento descrito, o sistema CAM define o trajeto de deposição do material a ser seguido pelo equipamento de PR e, assim, camada após camada, se obtém ao final do processo uma primeira versão física do objeto projetado, o denominado protótipo.

As diversas tecnologias de PR existentes, utilizando materiais bastante diversificados e sob a forma de resinas, pós, fios e outras, vêm ocupando crescente espaço nos setores produtivos, notadamente nos de bens de consumo duráveis, entre eles o setor joalheiro.

## 6. A prototipagem rápida como fator de melhoria da produtividade e de inovação na produção joalheira

As primeiras experiências de utilização da Prototipagem Rápida (PR) na produção de jóias no final da década de 90 e logo nos primeiros anos deste século, são relatadas por Chua, Long e Lim (2003) e, embora de certa forma exitosas pelo pioneirismo, causaram alguma frustração no mercado, visto que do processo resultavam peças que necessitavam de forte acabamento posterior e, além disso, os materiais não se adequavam plenamente à produção de jóias. Com a evolução recente dos equipamentos e materiais utilizados, a situação melhorou excepcionalmente, fazendo com que a PR se apresente nos dias atuais como um recurso tecnológico para a melhoria da competitividade do setor joalheiro em todo o mundo e que vem sendo crescentemente utilizado, notadamente nos países líderes da produção joalheira.

## 7. A possível utilização vantajosa da prototipagem rápida no setor joalheiro

Dos processos comumente utilizados na produção de jóias, ou seja, estampagem, eletroformação ou eletrólise e fundição por cera perdida, este último é sem dúvida, o mais utilizado para produzir peças com maior complexidade geométrica e maior valor agregado e é nesse processo que a Prototipagem Rápida (PR) se mostra especialmente importante nas etapas de modelagem virtual e física, na confecção de moldes, na injeção de cera e na montagem de “árvores” para a fundição das jóias, como resumidamente relatado a seguir.

A etapa de projeto gráfico/modelagem virtual corresponde à idealização/criação da jóia através de um desenho que expresse os desejos implícitos e/ou explícitos dos clientes. Desenhos adicionais podem ser necessários para definir detalhes de produção relativos à lapidação e fixação (cravação) das pedras e detalhes de acabamento, entre outros. Já nessa etapa, a contribuição da PR se mostra extremamente importante, considerando-se, sobretudo, que ela obriga a utilização da modelagem através de *softwares* específicos para a modelagem/*design* de jóias, entre eles o *Rhinoceros*, o *Jewel CAD*, o *Flamingo 3D* e o *3D Max*. Acrescente-se que a modelagem virtual de jóias pela utilização de *softwares* específicos para tal finalidade, constitui uma inovação tecnológica e uma tendência mundial que a médio



prazo poderá fazer com que a criação de jóias, passe a ser uma atividade quase que exclusivamente exercida por *designers* especializados. Vale salientar ainda a essencialidade da modelagem virtual de jóias para a modernização tecnológica do setor joalheiro, por possibilitar saltos de inovação geradores de jóias com prêmios internacionais, produzidas por alguns poucos *designers* nacionais que, em esforços isolados, vêm utilizando tais recursos que incluem a PR. Quanto à etapa de projeto gráfico/modelagem virtual, o cenário/paisagem percebido no APL de Jóias da Cidade do Rio de Janeiro é a predominância da elaboração de desenhos de forma tradicional, ou então, utilizando programas CAD não específicos para a produção de jóias, o que constitui uma dificuldade para a possível utilização futura da PR.

A etapa seguinte diz respeito à modelagem física da jóia desenhada e é nesta etapa que a PR assume um papel de extrema relevância, capaz de, efetivamente colocar a produção joalheira do Brasil e especialmente do APL focalizado neste trabalho, num nível de competitividade que permita o crescimento da sua participação no mercado mundial.

Na produção tradicional de jóias, a etapa de modelagem física é predominantemente artesanal, realizada em ceras sólidas especiais, próprias para esculpir, utilizando inúmeras ferramentas, quase todas manuais, que vão de brocas e buris até a esculpidores dentários, onde por vezes, é necessária uma habilidade e perícia só presentes em alguns artesãos. Um artesão modelista pode, na modelagem tradicional, consumir horas, freqüentemente dias ou até mesmo semanas de trabalho para modelar uma peça/modelo de jóia, retardando e, sobretudo, encarecendo a produção da jóia. Em contrapartida, através da PR e a partir de design produzido com a utilização de software específico e dependendo da jóia projetada, pode-se obter uma primeira versão física dessa jóia em minutos ou horas, qualquer que seja a complexidade geométrica envolvida. Dependendo da configuração geométrica, espessuras de material e de outros detalhes imaginados pelo *designer*/criador do projeto gráfico/virtual, a modelagem tradicional/artesanal como praticada atualmente no APL, pode ser inviável, diante das limitações dos modelistas/artesãos, na sua maioria formados através da prática exercida ao longo de muitos anos, e da fragilidade do material utilizado, (cera), para a modelagem obrigando freqüentemente o retrabalho do *design* para a superação dos possíveis problemas. Com efeito, os *designers* e produtores de jóias consultados durante a pesquisa realizada pelos autores, foram unânimes em apontar a modelagem tradicional/artesanal como um fator restritivo para a inovação no *design* de jóias, sobretudo, naquelas de maior complexidade geométrica. Cabe comentar ainda que na pesquisa de campo foi constatado que, diante do aumento da complexidade geométrica e de outros detalhes de *design* moderno de jóias e/ou da falta de modelistas artesãos para a sua modelagem física, é cada vez mais freqüente a aquisição no exterior de modelos/protótipos para a produção de jóias no Brasil e no Rio de Janeiro em particular, modelos esses, na sua maioria, produzidos através de PR.

A terceira etapa corresponde à confecção de moldes e/ou ferramentas, destinados à produção de séries de peças. Basicamente o tipo de moldes e/ou ferramentas, a sua durabilidade e por conseqüência os custos envolvidos para a sua produção, são determinados pela quantidade de peças a produzir e pela sua complexidade geométrica. Se a geometria é simples e a quantidade a produzir é expressiva, pode-se optar pela confecção de ferramentas em aço, de grande durabilidade, produzidas geralmente por frezadoras especiais, com a utilização de CNC (Computer Numerical Control). Os custos envolvidos são normalmente expressivos e, não raro, defeitos no desenho da jóia ou no projeto da ferramenta poderão implicar na sua inutilização e necessidade de nova fabricação. Entretanto, diante das características de exclusividade e de complexidade geométrica das jóias a produzir, as quantidades tendem a ser relativamente pequenas e, nesse caso, predomina a utilização de modelos em cera para a produção de jóias, através do processo denominado de fundição por cera perdida, processo

esse, utilizado para inúmeras finalidades na indústria em geral, como abordado por Kallenberg, L. (1981), Mattiello, A. (1999), Salem, C. (2003) e Tsuyuky, H. (1990), entre outros autores. Na produção tradicional predominante no APL, são confeccionados moldes em borracha natural, borracha sintética, silicone ou borracha vulcanizada a frio, utilizando-se a peça produzida em cera ou peça metálica especialmente preparada para definir a parte interna do molde. O objetivo da confecção dos moldes é a produção posterior dos denominados “múltiplos” em cera, ou seja, tantas peças em cera especial, quantas forem as unidades da jóia a serem produzidas. A produção dos moldes é uma atividade bastante complexa e, dependendo da geometria da jóia a produzir, pode tornar-se inviável. A utilização da PR permite a produção direta e seriada de modelos em cera especial para uso direto na fundição, praticamente sem necessidade de pós-acabamento. Neste caso, a etapa de confecção de molde de borracha ou silicone, pode tornar-se desnecessária.

A quarta etapa no processo de fundição por cera perdida corresponde à injeção de cera utilizando moldes geralmente de borracha ou silicone e máquinas especiais (injetoras), se faz a injeção desses moldes com cera, obtendo-se dessa maneira os “múltiplos” do modelo produzido. São injetados assim tantos “múltiplos” quantas forem as unidades de jóia a serem produzidas. Nessa etapa são usadas ceras naturais ou resinas poliméricas/plásticas de acordo com a qualidade de reprodução requerida. A exemplo do comentado na etapa anterior e também dependendo da quantidade a ser produzida, esta etapa pode ser desnecessária, diante da produção dos “múltiplos” em cera através da PR, o que representa outra expressiva contribuição considerando-se, sobretudo, a rapidez e a repetibilidade da produção sem erros ou perdas de material, comuns na produção tradicional/artesanal.

A quinta etapa do processo diz respeito à montagem de “árvores”, ou seja, montar um arranjo envolvendo vários modelos “múltiplos” produzidos em cera, idênticos ou não, objetivando a produção de uma série de peças de uma só vez, em metal, (ouro normalmente), prevendo canais e outros detalhes necessários para a adequada “alimentação” de todos os pontos a fim de evitar falhas nas peças metálicas, (jóias), a produzir. Novamente a contribuição da PR pode, no futuro, ser expressiva, considerando-se a possibilidade de produzir através dela, “árvores” em cera para serem utilizadas nas etapas seguintes que completarão o processo de fundição por cera perdida.

### **8. Dificuldades para a utilização da PR no APL**

As dificuldades/motivos, freqüentemente alegados para a não utilização da PR na produção joalheira, suscitaram a realização de pesquisa que identificasse a sua possível relevância. A referida pesquisa foi então realizada, consultando 18 renomados especialistas, notadamente entre produtores de jóias, *designers* e *bureaus* de prestação de serviços em PR. Constou do envio de formulário especialmente preparado para tal, contendo 5 (cinco) alternativas de respostas, envolvendo as 4 (quatro) dificuldades mais freqüentemente citadas que foram, a quebra de paradigma/receio de mudanças, o custo dos equipamentos e *softwares*, a falta de conhecimento/treinamento específico e o receio quanto à confidencialidade, (propriedade intelectual do *design*) durante o processo. O formulário ainda incluía uma alternativa, destinada a outras dificuldades possivelmente identificadas e que deveriam ser descritas pelos respondentes.

A resposta solicitada consistia em atribuir graus de importância, desde 5 (cinco) para a maior dificuldade, até 1 (um) para a menor dificuldade a cada uma das dificuldades envolvidas. Contatos adicionais foram estabelecidos com os possíveis respondentes, explicando a motivação da pesquisa e esclarecendo possíveis dúvidas.

Da amostra selecionada para a pesquisa, ou seja 18 especialistas, foram obtidas 12 respostas, distribuídas da seguinte forma:

- 66,7% dos respondentes atribuíram grau máximo de importância 5 (cinco), para a dificuldade relacionada com o custo dos equipamentos e *softwares*;
  - 58,3% atribuíram grau 4 (quatro) ou segunda maior dificuldade à falta de conhecimento e/ou treinamento específico sobre a PR;
  - 33,3% atribuíram grau 3 (três) ou terceira maior dificuldade à quebra de paradigma/receio de mudanças no setor joalheiro;
  - 58,3% atribuíram grau 2 (dois) ou quarta maior dificuldade ao receio quanto à confidencialidade durante o processo (propriedade intelectual do *design*);
- Por último, cerca de 66,7% dos respondentes apontaram as dificuldades relacionadas com:
- a falta de informações sobre a importância da PR para o *design*, para a inovação e para a produção de jóias;
  - a insuficiência de pesquisas específicas sobre a utilização da PR no universo joalheiro nacional;
  - a escassez de material bibliográfico para pesquisas;
  - a inexistência de uma rede de troca de conhecimentos e experiência em relação a *softwares*, *hardwares* e especificações sobre o uso da PR na produção joalheira;
  - o volume de produção, (custo/benefício);
  - a dependência tecnológica e possíveis problemas quanto à prestação e qualidade de suporte na manutenção dos equipamentos;
  - o licenciamento de aplicativos.

## 9. Considerações Finais

Com base na pesquisa realizada, pode-se inferir que o emprego da PR na produção de Jóias no APL da Cidade do Rio de Janeiro, a exemplo do que já vem ocorrendo nos países líderes na produção joalheira mundial, poderá contribuir para a solução de problemas técnicos diversos e para a modernização e melhoria do *design* das jóias, podendo por extensão alavancar expressivamente a inovação e as condições de competitividade.

Ressalte-se que as possíveis contribuições resultantes da utilização da PR na produção joalheira não se restringem ao processo de fundição por cera perdida, mas também podem vir a estabelecer vantagens competitivas, especialmente nos tempos de criação e desenvolvimento de jóias e, sobretudo, na melhoria do *design* e na maior agregação de valores à produção, como consequência natural da utilização de *softwares* específicos, na prática, indispensável, quando se utiliza a PR, na produção de jóias.

Vale lembrar que, segundo informações colhidas junto a empresa representante no Brasil de um dos maiores produtores mundiais de equipamentos de PR, a Solidscape Inc. dos EUA, países como a China, inobstante contarem com mão-de-obra especializada abundante e de baixo custo, vêm investindo crescentemente na aquisição, treinamento e utilização de equipamentos de PR para a produção joalheira.

Quanto à superação das maiores dificuldades para a utilização da PR, identificadas durante a pesquisa, podem ser desenvolvidas ações pela governança do APL, como a de incentivo crescente para o conhecimento e aprendizagem da modelagem virtual com *softwares* específicos, assim como da modelagem física com PR, com treinamento no âmbito do APL, através da aquisição e utilização efetivamente compartilhada de equipamentos de PR de última geração, cujos custos vêm se reduzindo sensivelmente, situando-se hoje em cerca de US\$ 95.000 (noventa e cinco mil dólares), incluindo periféricos e softwares.

O enfrentamento adequado desta e de outras dificuldades, poderão viabilizar a utilização efetiva da PR para a produção de jóias no APL da Cidade do Rio de Janeiro, contribuindo



para desenvolver a sua posição de destaque no setor produtivo joalheiro nacional e para ampliar a sua condição de competitividade, sobretudo, no mercado internacional.

### **Referências**

CHUA, C. K.; LEONG, K. F. & LIM, C. S. (2003) – Rapid Prototyping. Principles and Applications. Ed. World Scientific. Singapore.

FONSECA, J. H. O. (2006) – A prototipagem rápida como proposta para solução de problemas técnicos na produção de jóias no Rio de Janeiro, Dissertação de mestrado, Cefet/RJ.

KALLENBERG, L. (1981) – Modeling wax for jewelry and sculpture. Ed. Cohilton Book.

LASTRES, H. M. M.; CASSIOLATO, J. E. & MACIEL, M. L. Organizadores (2003) – Pequena empresa. Cooperação e Desenvolvimento Local. Ed. Reluma Dumará. Rio de Janeiro.

MATTIELO, A. (1999) – How to create setting in metal wire and wax, Du Matt Corporation, USA.

MATTIELO, A. (1999) – Jewelry wax modeling. Du Matt Corporation, USA.

SALEM, C. (2003) – Criação e Modelagem, Ed. 2000 Jóias, São Paulo.

SANTOS, J. R. L.; ZAMBERLAN, M. C. P. L. & SANTOS, I. A. (2004) – New Technologies and Physical and Virtual Three-dimensional Modeling to aid of Jewelry Design, PUC, Rio de Janeiro.

SANTOS, M. (2004) – A Natureza do Espaço. Técnica e tempo. Razão e emoção, Ed. USP. 4ª Edição, São Paulo.

TSUYUKY, H. (1990) – Basic Wax Modeling, Ed. Kashima Books.