

Uso de Prototipagem Rápida como Fator de Competitividade

Marco Antonio Mietti

Oduvaldo Vendrameto

UNIP - Universidade Paulista

E-mail: mamietti@hotmail.com, oduvaldov@uol.com.br

Abstract:

In the last decades it has been appearing many rupture technologies. There are indicative forts to be considered Fast Prototipagem - RP as one of those technologies. RP associates the easiness and precision of CAD to the machines of CNC, and it uses of materials as resins and powdered metal, transforming the project of the new product quickly into a physical prototype. The obtained prototype allows differentiated studies as interferences, production processes, functionality, besides constituting in important marketing resource. The flexibility to promote alterations has cost relatively low for the fact of releasing the ferramental elaboration. The researches have been enlarging the spectrum of use of that technology whose applications assist from products of the automobile tails section to the construction of prostheses in medicine. It is new and promising subject on which there is a significant density of researches sponsored by companies.

Resumo:

Nas últimas décadas tem surgido muitas tecnologias de ruptura. Há fortes indicadores para se considerar a Prototipagem Rápida – RP como uma dessas tecnologias. A RP associa a facilidade e precisão do CAD às máquinas de CNC, e utiliza de materiais como resinas e metal em pó, convertendo o projeto do novo produto rapidamente num protótipo físico. O protótipo obtido permite estudos diferenciados quanto interferências, processos de fabricação, funcionalidade, além de se constituir em importante recurso de marketing. A flexibilidade para promover alterações tem custo relativamente baixo pelo fato de dispensar a elaboração de ferramental. As pesquisas tem ampliado o espectro de uso dessa tecnologia cujas aplicações atendem desde produtos do setor de autopeças até a construção de próteses em medicina. Trata-se de assunto novo e promissor sobre o qual há uma densidade significativa de pesquisas patrocinadas por empresas.

Palavras-chave: protótipos, flexibilidade, rapidez, baixo custo

1. Introdução

Na economia globalizada, a inovação é um componente vital para o sucesso dos negócios. As empresas precisam aumentar sistematicamente o poder de competição para se manter ou superar as marcas estabelecidas por outras empresas. O **marketing** e o **benchmarking** apontam para a necessidade contínua de novos produtos. A globalização aumentou a pressão competitiva e inovadora, não só pela presença dos produtos das multinacionais mas também pela possibilidade de franquias e licenças por pequenas e médias empresas. Além de todos estes desafios, a vida média dos produtos no mercado está ficando cada vez mais curta.

Novas tecnologias, como o **CAD/CAM** estão reduzindo o tempo de desenvolvimento e lançamento de novos produtos. A elas soma-se a **RP (Prototipagem Rápida ou Rapid Prototyping)**, que permite a confecção de modelos tridimensionais sólidos, a partir de arquivos **CAD**.

A **RP** vem ampliando significativamente a contribuição nesse cenário, quanto a materiais, técnicas e processos. Um fabricante, que não seja capaz de se mover rapidamente no mundo dos negócios e atualizar-se tecnicamente, pode ficar seriamente comprometido. As estatísticas sobre sucesso dos negócios mostram clara participação crescente dos novos produtos, conforme a tabela 1.

Participação crescente dos novos produtos nas vendas		
Ano	nas vendas totais	nos lucros
1976-1980	33%	22%
1981-1986	40%	33%
1985-1990	42%	-
Projeção 1995	52%	46%

Tabela 1:Fonte: Baxter 1998

A **Prototipagem Rápida (RP)** se coloca como um agente facilitador no desenvolvimento de novos produtos.

A quantidade de peças que compõem um produto tem aumentado sensivelmente no decorrer deste século. Também, neste caso, além de novos materiais, processos, a fase de projeto até o protótipo vem se constituindo em diferencial importante para o ganho de competitividade. Apesar do processo criativo depender do livre fluxo das idéias e da imaginação humana (**brainstorm**) o processo de desenvolvimento requer métodos sistemáticos, pesquisa, planejamento cuidadoso e controle metódico. Os estágios iniciais do desenvolvimento do produto são os mais importantes, pois os gastos nesta fase são pequenos em relação às fases posteriores, o custo de mudança em um desenho é bem menor que a alteração em uma ferramenta.

A **RP** vem se constituindo, graças a sua integração com o **CAD**, em elemento de agilização no desenvolvimento do produto, reduzindo a demora na obtenção de modelos ou protótipos nas fases de projeto conceitual, testes e atividades pré-produção. De maneira similar, a tabela 2 mostra como o custo das alterações do design básico de um produto cresce rapidamente, através dos estágios do ciclo de desenvolvimento.

Estágio de desenvolvimento	Custo da alteração
Modelo conceitual	US\$ 10
Detalhamento	US\$ 100
Protótipos / teste	US\$ 1.000
Produção	US\$ 10.000
Lançamento do produto	US\$ 100.000

Tabela 2- Fonte: Terry Wohlers, Rapid Guide to Rapid Prototyping

2. Convencendo o cliente

Um cliente dificilmente aprovará um produto, sem ter a necessária visualização e a certeza da sua adequação ao uso. Mas como atender a estas exigências, tendo apenas desenhos ou imagens do produto? Os desenhos, embora extremamente precisos e as imagens com qualidade fotográfica (fotorrealismo, mostrado na figura 1), nem sempre conseguem satisfazer o cliente. Maior facilidade encontra um objeto, um protótipo, mesmo que em tamanho reduzido. Porém para se obter fisicamente um produto, peças ou componentes, tradicionalmente, são necessários gastos com ferramental e processos produtivos. Havendo necessidade de correções ou ajustes surgirão gastos com retrabalhos nas ferramentas. O retrabalho das cavidades dos moldes tem custo elevado. Dessa forma, como seria possível produzir peças, em estágio preliminar, que servissem de protótipos, modelos conceituais? Isto é, que servissem para testes de design, de encaixe, de função, para avaliação de marketing e vendas, para avaliação do departamento de embalagens e pintura, que fossem obtidas a um menor custo possível, de maneira rápida e com aparência e desempenho similar ao produto final?



Figura 1: Exemplo de fotorrealismo (Fonte: IBM Catia)

3. Ganhos com a prototipagem rápida

Foi para atender a estas necessidades que surgiu a **Prototipagem Rápida**, possibilitando a confecção de peças protótipos, sem a execução de ferramental, que certas situações até servissem como produto final. Reduzindo a duração do processo de design tradicional de meses para dias. Alguns processos, equipamentos e materiais aplicados na RP serão apresentados a seguir.

O propósito deste trabalho é estudar, analisar e avaliar a contribuição e vantagens que a **Prototipagem Rápida (RP)** oferece à esse ciclo para lançamento de um novo produto.

A utilização da **RP** vem crescendo como tecnologia associada ao desenho por computador (**CAD**) e o desenvolvimento de novos materiais. O interesse por esse tema ainda em desenvolvimento e cercado de muito sigilo, decorre dos investimentos que estão sendo feitos por diversas empresas de grande porte em aquisição de laboratórios para essa finalidade. Embora, inúmeras aplicações da **RP** já estejam em uso no mercado, pouco se sabe sobre o seu significado na cadeia evolutiva do projeto. Os sinais indicam que há vantagens significativas quanto a redução de tempo, entretanto, sobre a participação da **RP** no custo, as informações são escassas.

Conforme a natureza do produto é feita a escolha entre as tecnologias disponíveis, o mesmo ocorrendo relativamente aos materiais. O fato que chama atenção na **RP** é a expansão das tecnologias e suas novas aplicações e interfaces, ou seja, é o seu potencial apresentado no desenvolvimento de novos produtos.

O processo de desenvolvimento do produto pode ser avaliado (**benchmark**) através de uma série de medidas baseadas no tempo e no custo, incluindo:

- O prazo de lançamento (**Time-to-market** ou **concept-to-customer**), em meses.
- Custos de projeto por unidade
- Custos de garantia por unidade
- Custos de manufatura por unidade
- Protótipos físicos e testes custo por unidade
- Protótipos matemáticos e testes custo por unidade
- Tempo de otimização dos protótipos matemáticos e físicos

A **RP** se constitui em tecnologia alternativa que vem substituindo a metodologia tradicional, facilitando a elaboração de protótipos de maneira mais precisa e rápida. Há situações em que o protótipo é parte do produto final.

Serão apresentados estudos de caso em que a **RP** traz vantagens competitivas, reduzindo o tempo de fabricação de ferramental, de início dos teste, melhorando a produtividade, reduzindo custos.

4. Estudo de caso

Este caso se refere a um lote de 24 peças protótipo de acabamento externo de um determinado veículo automotor de uma empresa automobilística brasileira. O conjunto estudado foi o de uma dobradiça, que fica na parte interna da grade, assim escolhido por não revelar as características do referido veículo ainda não lançado e que foi planejado para assumir a liderança do mercado, na sua categoria, desbancando seu rival direto, tanto em valor de compra quanto a tecnologia empregada. A dobradiça possibilita o rebatimento da grade dianteira para manutenção. A seguir serão descritas as fases de aquisição:

Fase 1:- Foi solicitado ao fornecedor tradicional deste tipo de peças, chamado de **fornecedor 1**, uma estimativa de preço para o fornecimento de ferramentas preliminares, em aço ou alumínio, porém sem a fabricação de nenhuma peça. O valor solicitado foi de US\$ 800.000,00 pelo lote de ferramentas entregues em 180 dias.

Fase 2:- Foi cotado com o **fornecedor 2** o fornecimento de um lote de ferramentas preliminares para as 24 peças, iguais a da estimativa da fase 1. O valor solicitado foi de US\$ 808.783,00 e o prazo 180 dias. Ainda nesta fase não foi cotado o fornecimento de nenhuma peça.

Foi cotado no **fornecedor 3**, um Bureau de Serviço em RP, o fornecimento de modelos em SLS (Sinterização a Lazer) e de 30 jogos para cada tipo de peça, feitos em resina, pelo processo de **Vacuum Casting**, que usa como modelo as peças feitas em SLS. O valor cotado foi de US\$ 279.182,00 e o prazo foi de 30 dias. O prazo para fabricação dos modelos SLS e das ferramentas em Silicone (RTV) foi de 5 dias, para ajustes das ferramentas foram gastas 6 horas.

Fase 3:- A opção recaiu sobre o **fornecedor 3** por sua agilidade e economia. Os ganhos conseguidos foram de US\$ 529.601,00 e de 150 dias.

Fase		Processo	Fornecedor	Custo(US\$)	Prazo (dias)
1	Estimativa	Ferramenta provisória	Fornecedor 1	800.00,00	180
2	Cotação	Ferramenta provisória	Fornecedor 2	808.783,00	180
		SLS+ vacuum casting	Fornecedor 3	279.182,00	30

Tabela 3 - Custos e Prazos para o caso estudado

5. Conclusões e comentários

A **Prototipagem Rápida** tornou-se uma ferramenta muito útil e versátil no desenvolvimento de produtos e até ferramentas. No decorrer deste trabalho de pesquisa ficou muito claro que os métodos anteriores de produção de protótipos tornaram-se obsoletos. Um exemplo deste fato é a falta de comparativos entre a **Prototipagem Rápida** e a **Prototipagem Tradicional**, nas empresas. Estes estudos comparativos só ocorreram nos primeiros casos, no início da década de 90.

O uso da **RP** nas matrizes das empresas estrangeiras forçou o seu emprego nas filiais no Brasil através de treinamento ou de documentos. As peças feitas em resina, anteriormente pelos setores de modelação, não possuíam as características necessárias para servirem de protótipos, apenas serviam como *mock-ups*.

Os protótipos, feitos com ferramentas preliminares, envolviam altos custos gerados por aquelas ferramentas. Os custos de qualquer alteração, por menor que fossem, geravam retrabalhos onerosos, especialmente de injeção nas cavidades já acabadas dos moldes.

As novas tecnologias, das quais foram levantados 29 tipos durante a pesquisa, trouxeram grande facilidade aos setores de desenvolvimento de produtos. A variedade de técnicas e materiais empregados nestas tecnologias de **RP** possibilitam a execução de peças plásticas ou metálicas de formas não convencionais.

Os setores de modelação nas empresas automobilísticas, depois da difusão da **RP**, sofreram drástica redução de pessoal, é a substituição do artesanato pela nova tecnologia.

Os sistemas de **RP**, segundo **Padovani (1999)**, deverão, no futuro, substituir as impressoras bi-dimensionais nos escritórios de projeto de produtos.

A utilização da **RP** no Brasil vem crescendo, segundo **Wohlrs (State of Industry – 1999)** já estão instalados 16 sistemas de **RP**. Mas não são divulgados os “cases” como no mercado americano, onde são feitos grupos de usuários que trocam informações sobre o uso dos sistemas e materiais.

A **RP**, conforme **Crabb (1998)** mostrado na figura 2, serve de elo dentro do processo de desenvolvimento do Produto, integrando as Engenharias de Produto e Manufatura, porque possibilita a visualização e a montagem preliminar do produto, antecipando possíveis problemas de manufatura.

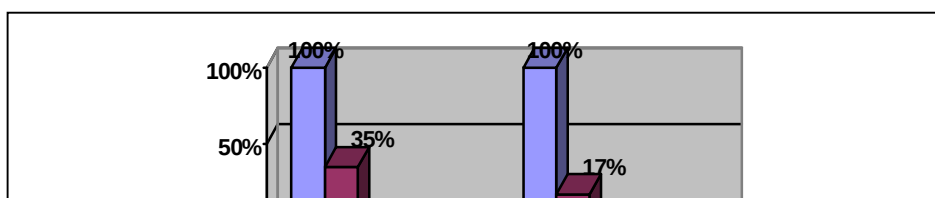


Figura 2: Gráfico comparativo entre a Prototipagem Tradicional e a Rápida

A NASA, agência espacial norte americana, apresenta em seu website a tabela de custo de operação de alguns sistemas de **RP** (tabela 4), estes valores foram levantados pelo Laboratório de **RP** visando facilitar estimativas de custo e levem em consideração o tempo de execução, custo de materiais, o desgaste das máquinas, etc..

Sistema	Custo	Response Time	Materiais	Aplicações
FDM 1600	US\$10/h	2 semanas	ABS ou Cera de Fundição	Peças Resistentes e Modelos p/ Fundição
LOM	US\$18/h	1 semana	Papel	Grandes peças e Modelos Conceituais
Sanders 2	US\$3.30/h	5 semanas Comparativo entre a RP e a tradicional	Cera	Modelos p/ fundição
SLS 2000	US\$44/h	1 semana	Polycarbonato	Modelos Conceituais e p/ fundição
SLA 250	US\$33/h	2 semanas	Resina Epoxy	Paredes finas Modelos Duráveis
Z402	US\$27.50/h	1 se mana	Cera	Modelos Conceituais

Tabela 4 - Custos de execução de protótipos

As reduções de custo e de tempo para a execução de protótipos pelo sistema tradicional e pela **RP** foram mostradas pela Mercedes Benz AG. no International Workshop realizado em Magdeburg, Alemanha em 1995. Estas reduções sempre foram maiores que 50%.

Analisando ainda, alguns resultados apresentados pela Mercedes Benz, sob o ponto de vista dos **Critérios Competitivos** proposto por Slack, as vantagens no uso da **RP** foram amplamente confirmados no caso estudado.

- No **Critério Custos** a **RP** foi 65% mais barata que o método tradicional (figura 2).
- No **Critério Qualidade** foi atendido de forma tão significativa que as peças confeccionadas em **SLS** serviram de modelo para os moldes de *Vacuum Casting*.
- Os **Prazos de Entrega** superaram em muito os processos tradicionais, como o da injeção de plásticos em moldes provisórios, sendo a redução de prazo da ordem de 83% (Figura 2)

- No **Critério Flexibilidade**, a **RP** possibilitou à **Empresa A** montar os seus protótipos, pelo menos, 5 meses antes do prazo previsto. Esta vantagem permitiu a antecipação do lançamento do produto.
- Quanto à **Inovação**, a **RP** mostrou a facilidade em que as empresas podem gerar novos protótipos ou modelos aumentando a gama de opções na hora da escolha do novo produto.

6. Considerações finais

Durante o decorrer desta pesquisa, foram inúmeras as novidades colhidas, o que tornou a busca de informações muito motivadora. Os primeiros contatos, com a **RP**, demonstraram a grande flexibilidade desta inovação tecnológica.

Causadora de aumento na vantagem competitiva, a **RP** é parte integrante do ciclo de desenvolvimento de novos produtos nas grandes empresas, principalmente nas automobilísticas.

Inúmeros protótipos e modelos foram vistos durante as visitas a empresas prestadoras de serviço em **RP** e nas montadoras. De complexos componentes de motores a grandes conjuntos de grades, pára-choques, lentes de faróis e painéis. De crânios e próteses a utilidades domésticas, como um simples escorredor de macarrão. A **RP** proporcionou, com a sua facilidade em produzir modelos e protótipos, uma interação entre a Engenharia de Produto e a Engenharia de Manufatura que não existia anteriormente.

A forma de saída tridimensional dos sistemas **CAD**, usado na **RP** acabou gerando o **CAS (Computer Assisted Surgery)** que é a Cirurgia Assistida por Computador, um novo ramo da biomodelagem, que utiliza recursos de imagem geradas em Tomografia Computadorizada (CT) ou Ressonância Magnética (IMR).

Muitos pesquisadores trabalham sobre novos materiais ou aplicações para a **RP**, já tendo resultado na área de cerâmicas. Novas aplicações da Estereolitografia produzem peças coloridas. Novas aplicações para a sinterização à laser resultaram na confecção de eletrodos para eletroerosão. Outros eletrodos poderão ser gerados na eletrólise para a separação de poluentes. As possibilidades de fabricação de peças metálicas vem crescendo através da fusão controlada por laser.

As impressoras tridimensionais poderão ser periféricos dos computadores domésticos. Pequenos e baratos Sistemas de **RP** já estão em uso nas universidades americanas, possibilitando o ensino desta nova tecnologia aos futuros engenheiros. artistas plásticos. Joalheiros já estão utilizando a **RP** nas suas criações.

Desta forma, a visão ainda sem limite para estas tecnologias, facilita entender a pretensão da NASA em equipar a futura estação espacial com um sistema **RP**, ficando na lembrança os antigos setores de modelação com os seus trabalhos artesanais.

Tal como aconteceu com a introdução das máquinas CNC – máquinas de comando numérico controladas por computador, com o CAD – o desenho assistido por computador, quando inúmeros postos de trabalho de profissionais talentosos como os torneiros e fresadores mecânicos, no primeiro caso e, os projetistas de prancheta no segundo, o mesmo fenômeno deverá em breve se repetir com a **RP**. Desta vez as vítimas serão os ferramenteiros. A facilidade oferecida pela **RP** para a modelagem através do CAD e de máquinas e equipamentos controlados por computador, a utilização de materiais de custo baixo, a precisão, a possibilidade de ajustes e intervenções e a flexibilidade tornam essa tecnologia indispensável em qualquer ambiente competitivo. Quanto aos trabalhadores, que infelizmente perderão seus empregos, uma medida saudável por parte das autoridades, governo,

empresários e sindicatos, seria a antecipação desse acontecimento, preparando esses trabalhadores para funções na própria **RP** e em outras para as quais eles deverão migrar.

Como tecnologia de ruptura, a **RP**, adiciona significativas vantagens competitivas à cadeia produtiva conforme mostrado ao longo deste texto, e sua relevância aumenta quanto mais os conhecimentos e o desenvolvimento de materiais e processos, ainda em fase de pesquisa forem a ela agregados. Há indicadores de que a **RP** venha ser largamente empregada no setor industrial e inclusive fora dele.

7. Bibliografia

Baxter, M. - Projeto do Produto – São Paulo – Editora Edgard Blücher Ltda - 1998

Crabb, H. C. - The Virtual Engineer the 21 st Century Product Development – Dearborn: Society of Manufacturing Engineers -1998

Padovani, B. - Prototipagem Rápida : O Panorama Mundial – São Paulo – CADware Technology n.º 13 - 1999

Slack N. - Vantagem competitiva em manufatura – São Paulo - Editora Atlas – 1993

Wohlers, T. - Rapid Guide to Rapid Prototyping – Fort Collins – Ed. Wohlers Associates Inc. - 1997

Wohlers, T. – Rapid Prototyping & Tooling -State of Industry – Fort Collins - 1999

<http://eos-gmbh.de>

<http://www.ibm.com/Catia>

<http://www.nasarp.mfsc.nasa.gov>