

## SETOR DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS

### Apresentação do Boletim de Difusão Tecnológica

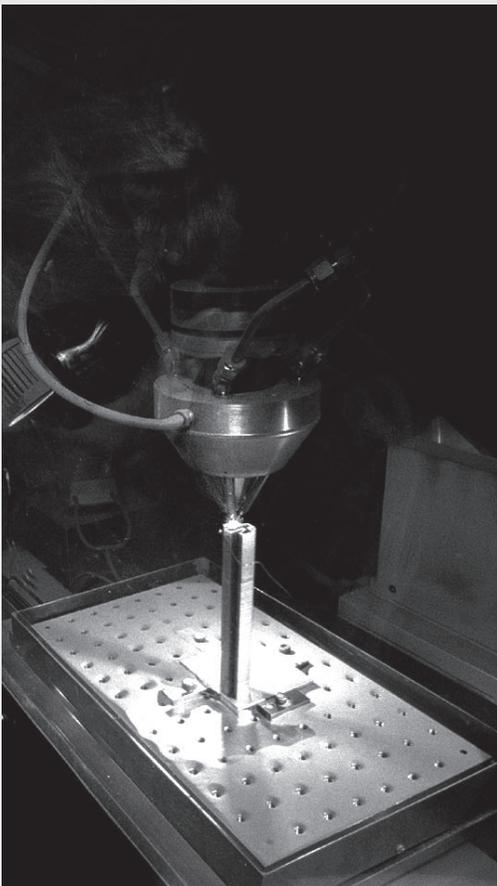
#### Informação sobre o Boletim de Difusão Tecnológica

Prezado leitor, você está recebendo o segundo Boletim de Difusão Tecnológica editado e distribuído pelo SENAI. Seu objetivo é disseminar, entre os representantes do meio produtivo e docentes, informações técnicas sobre tecnologias que ainda possuem um baixo grau de difusão no mercado brasileiro.

As informações contidas nos Boletins de Difusão Tecnológica são apresentadas em blocos com uma linguagem simples e direta, o que possibilita uma rápida compreensão de seu conteúdo.

Espera-se que esta série auxilie os representantes do meio produtivo no processo de aquisição e uso dessas tecnologias.

Em 2007 você receberá, por meio eletrônico ou impresso, mais um Boletim de Difusão Tecnológica contendo informações específicas sobre a tecnologia **High Speed Cutting**.



Fotos: Arquivo



## Introdução ao 2º Boletim de Difusão Tecnológica

O Boletim que você recebeu, além da apresentação feita, traz informações técnicas sobre os processos de Engenharia Reversa e Prototipagem Rápida. Além dos conceitos fundamentais, são apresentados os diversos tipos de prototipagem rápida, bem como suas principais caracterizações.



## ENGENHARIA REVERSA

O termo Engenharia Reversa, em sua definição mais simples, consiste basicamente em copiar tridimensionalmente um determinado modelo, com base em um objeto já existente. A digitalização do modelo é o início do trabalho da engenharia reversa. O trabalho de gerar a nuvem de pontos ou curvas que contenham a geometria do modelo é obtido por um sistema de digitalização que tanto pode ser eletromecânico quanto óptico.

O sistema eletromecânico caracteriza-se por utilizar um apalpador, que pode ser do tipo digital ou analógico. O processo de captura de pontos se faz através das seguintes formas:

- **Sistema de Digitalização Digital:** O apalpador levanta as coordenadas ponto a ponto, sem manter contato constante com a peça. A digitalização digital

é semelhante a medidas realizadas em máquinas com mesa de coordenadas, ou digitalizada de braço.

- **Digitalização Analógica:** Neste processo o apalpador permanece em constante contato com a peça, obtendo-se assim uma nuvem de pontos consistente com a forma da peça. Este processo possui recursos para a correção da deflexão da haste do apalpador e compensação do diâmetro da ferramenta.

O sistema de Digitalização Óptica caracteriza-se por utilizar luz, podendo ser a laser ou por luz branca. Neste sistema não existe contato físico com a peça:

- **Sistema de Digitalização a Laser:** O cabeçote emite um feixe de laser sobre a superfície da peça e sua reflexão é registrada fornecendo uma nuvem de

pontos com detalhes muito precisos da forma da peça.

- **Sistema de Digitalização por Imagem (luz branca):** Consiste na utilização de câmeras CCD e projetor de luz. Com a projeção de franjas sobre a superfície da peça a ser digitalizada, o software reconhece esta superfície e a converte em pontos cartesianos. Para a montagem das nuvens são utilizados alvos adesivos que também são identificados pelo software.

Para a digitalização em 3D (escaneamento em três dimensões), é muito comum a utilização de sistemas de digitalização por luz branca. Esse equipamento digitaliza com rapidez e exatidão as mais diversas formas complexas, disponibilizando um arquivo digital possível de ser lido e trabalhado em um software CAD. Como resultado, tem-se um arquivo contendo informações da superfície da peça digitalizada em forma de nuvem de pontos ou seções.

O sistema de digitalização também pode ser empregado para avaliação dimensional



e inspeção de moldes e produtos. Para tal, compara-se o modelo digitalizado com um modelo CAD. Nesse caso apresentam-se, na forma digital, uma imagem colorida da peça digitalizada e uma escala de cores com a variação dimensional. A tolerância é definida pelo usuário.

## PROTOTIPAGEM RÁPIDA

O termo Prototipagem Rápida conceitua, de maneira macro, a tecnologia empregada para obtenção do produto sólido (peça ou molde). Esse processo se caracteriza por ser rápido e preciso. Para a obtenção do produto é necessária, inicialmente, a geração de um modelo digital em um sistema de desenho 3D CAD (*Computer Aided Design*).

O principal objetivo da prototipagem rápida é reduzir o tempo no desenvolvimento de um produto. Com o protótipo é possível avaliar o projeto e fazer as correções necessárias, reduzindo consideravelmente o tempo entre a idealização e o lançamento no mercado.

O protótipo permite uma redução considerável do custo, pois qualquer necessidade de modificação é identificada antes da etapa de industrialização.

Além das reduções e do custo, destaca-se a possibilidade da utilização dos protótipos para a verificação de interferências, análise de aspectos construcionais, montagem de conjuntos, análise de aspectos de fabricação, assim como para testes na colocação de pré-série no mercado.

A prototipagem rápida pode ser realizada por dois processos:

**Adição** – Esse processo é realizado por deposição de camadas em diversos materiais como: resina, cera, amido, plástico, etc. A Adição é atualmente o processo mais difundido, pois permite a reprodução do interior dos modelos. Existem vários sistemas de prototipagem por adição, os quais estão relacionados

ao tipo de material utilizado (ex.: líquidos, resinas, pós, cerâmicas, metais ou folhas de papel).

**Subtração** – Esse processo é realizado por remoção de material. Nesse processo um bloco é esculpido até gerar um modelo que pode ser de poliuretano, madeira, alumínio, etc. A fresagem é realizada somente na parte externa do bloco.

Para fins desse Boletim, serão feitas considerações apenas dos processos de prototipagem por adição. Essa escolha se justifica pelo fato de que os principais desenvolvimentos tecnológicos ocorrem nos processos de prototipagem por adição, visto que aqueles baseados na subtração de materiais são, fundamentalmente, processos já conhecidos e estabelecidos de usinagem e fresagem.

Ao final deste Boletim são apresentados os principais fornecedores da tecnologia de prototipagem rápida por adição.



## Etapas para a criação de protótipos

A primeira etapa é o desenho do modelo tridimensional em computador utilizando, para isso, o software CAD. Este desenho deverá ter características representativas em forma de desenho 3D. Para a confecção do desenho é importante utilizar as técnicas de modelagem de superfície, que são em formato sólido ou manipulação da nuvem de pontos decorrente de sistemas de digitalização (scanner 3D).

A etapa seguinte é a preparação do arquivo digital contendo as informações do desenho 3D. Para isso é necessário converter o desenho no formato “stl”, que é o formato próprio para a prototipagem contendo as coordenadas x, y e z necessárias para representar superfícies na forma de pequenos polígonos.

### Principais Sistemas de Prototipagem Rápida

**Estereolitografia (SLA, *Stereolithography*):** É a mais antiga e mais importante técnica de prototipagem rápida. Baseia-se na polimerização de uma resina fotossensível (acrílica, epóxi ou vinil), composta de monômeros, fotoiniciadores e aditivos, através de um feixe de laser UV (ultravioleta). A máquina de SLA contém uma cuba, que é preenchida com a resina, no interior da qual há uma plataforma que se movimenta de cima para baixo. O computador envia para a plataforma a primeira fatia (camada) do modelo virtual a ser polimerizada. O controle numérico da máquina posiciona essa plataforma na superfície da resina e os espelhos galvanométricos direcionam o feixe de laser para a porção de

resina correspondente a essa primeira camada. Quando essa camada é atingida pelo laser, os fotoiniciadores desencadeiam uma reação localizada que promove a formação de uma cadeia polimérica entre as moléculas do monômero dispersas na resina, ocorrendo a solidificação.

Após a conclusão desse primeiro passo, a plataforma desce, imergindo a primeira camada solidificada na resina líquida para que nova camada seja polimerizada sobre a primeira, e assim sucessivamente, até a conclusão do modelo. A estereolitografia supera as demais técnicas pela transparência, maior precisão e melhor acabamento do modelo.

### **Polyjet (*Polymer Jetting technology*):**

A Polyjet é um dos mais modernos equipamentos de prototipagem rápida. Este sistema de prototipagem vem conquistando espaço pela qualidade e precisão do produto construído. Este sistema é composto por um cabeçote formado por cartuchos injetores de resina fotopolimérica (fotossensível) curada por lâmpada ultravioleta. Não há a necessidade de uma etapa de pós-cura. O sistema vem equipado com um software de gerenciamento de impressão. Este é o responsável pelo controle da impressão da resina que formará a peça e o suporte. Após a impressão, a remoção do suporte pode ser feita manualmente ou por jato de água.

### **Manufatura de Objetos em Lâminas (LOM, *Laminated Object Manufacturing*):**

No processo LOM, os modelos são fabricados colando sucessivamente folhas de papel. O processo inicia-se com o desenrolar de um rolo de papel impregnado de cola termoplástica na sua superfície inferior. Em se-



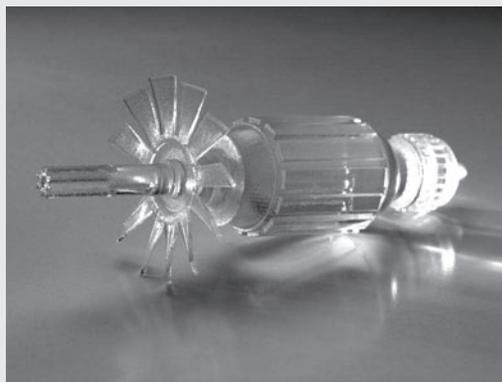
guida um rolo preaquecido a cerca de 300°C comprime o papel sobre a camada anterior, ficando a colagem consolidada. Depois, um feixe a laser com cerca de 25-50W, controlado por um sistema eletromecânico e auxiliado por espelhos, executa o contorno da peça na camada.

**Sinterização Seletiva a Laser (SLS, *Selective Laser Sintering*):** Esta tecnologia permite produzir modelos físicos, camada a camada, utilizando materiais em pó. O pó, processado num ambiente inerte e termicamente controlado no interior de uma câmara de processamento, atinge a temperatura de fusão (sinterização), pela energia cedida por um laser CO<sub>2</sub>. Em cada camada é sinterizada uma diferente seção transversal do modelo. Ele é sustentado ao longo do processo por um material envolvente, não sinterizado, que se mantém em pó, dispensando-se deste modo a criação de suportes. Após o arrefeci-

mento do protótipo, é feita uma operação de limpeza na qual é removido o pó envolvente para nova reutilização.

**Modelagem por Deposição de Material Fundido (FDM, *Fused Deposition Modeling*):** Essa modelagem se baseia na deposição, sobre uma plataforma, de camadas resultantes do aquecimento e amolecimento de filamentos (arames) do material plástico destinado à confecção do modelo. Simultaneamente, outros fios amolecidos vão formando suportes para as superfícies livremente suspensas do modelo, a fim de que elas possam ser construídas. Os arames destinados ao modelo são de ABS, elastômeros ou cera, enquanto os destinados aos suportes são uma mistura de ABS + cal. A máquina para a FDM possui uma plataforma, revestida por uma espuma densa e flexível, que se movimenta no sentido vertical (eixo Z) e um cabeçote provido de dois bicos extrusores de arames aquecidos: um para alimentar as camadas do modelo e outro para a construção automática dos suportes.

**Impressão por Jato de Tinta (MJT, *Multi Jet Modeling*):** Nessa técnica o mecanismo básico é um cabeçote, que se movimenta numa direção X, e uma plataforma, que se movimenta nas direções Y e Z, conforme o tamanho do objeto. O material termoplástico aquecido é expelido pelo cabeçote através de 96 orifícios, que se abrem e se fecham enquanto ele executa um movimento repetitivo de vai-e-vem na direção X. Simultaneamente a plataforma se movimenta na direção Z, para criar uma nova camada. No caso



de objetos maiores do que o cabeçote, a plataforma se movimenta também na direção Y, para permitir a construção do modelo. Essa técnica é muito empregada para obtenção de modelos pelo processo da cera perdida.

**Conformação Próxima ao Formato Final via Laser (*LENS, Laser Engineered Net Shaping*):** Esse processo é fundamentado na adição de partículas, através de fusão. Inicialmente as partículas são aspergidas com um gás inerte sobre o foco de um potente feixe de laser. Este, por sua vez, funde as partículas que, ao solidificarem uma nas outras, formam as camadas. Podem ser utilizadas ligas de titânio, aços inoxidáveis, aço doce, aço AISI H13, alumínio, além de uma série de outros metais. Como o processo se dá em um ambiente controlado, com baixíssima presença de oxigênio, não há oxidação das finíssimas camadas de metal depositadas. Os componentes fabricados por esta técnica de prototipagem rápida possuem baixa porosidade, no entanto a precisão dimensional é pequena.

**3D Printing – Z Corp:** Esta técnica se assemelha ao sistema de impressão a jato de tinta dos computadores, de tal forma que a máquina é construída com peças de impressoras convencionais, adaptadas. Contudo, em vez de tinta seu cabeçote expele um aglutinante composto de uma solução aquosa e uma cola. A máquina é constituída de um reservatório para um pó cerâmico ou polimérico; uma plataforma que se movimenta no sentido horizontal descendente, à medida que o pó é solidificado; um rolo para reposição e regularização da camada de pó a ser aglutinado e um cabeçote, abastecido com o aglutinante. O rolo avança e deposita uniformemente uma camada do pó; o cabeçote se movimenta nas direções X–Y e deposita o fluido sobre o pó, aglutinando-o; a plataforma desce e outra camada de pó depositada recebe novo jato de fluido. Esta segunda camada se aglutina e se adere à camada anterior, e assim sucessivamente. Esse processo não confere grande resistência ao modelo. Assim, depois de finalizado, ele deve ser infiltrado com materiais conhecidos como infiltrantes, para aumento da resistência.

## LISTA DE FORNECEDORES

Fornecedor	Tecnologia	Endereço Eletrônico	Telefone
ROBTEC	SLA	www.robtec.com	55 11 3318-5100
	3D PRINTING		
	SLS		
SYCAD Systems Informática Ltda.	POLYGET	www.sycad.com.br	55 11 3222 3033
SEACAM Serviços e Comércio Ltda.	3D PRINTING	www.seacam.com.br	55 11 5575-5737
SISGRAPH	FDM	www.sisgraph.com.br	55 11 3889-2000

ERRATA – Boletim de Difusão Tecnológica, números anteriores.

**Setor de Calçados** Onde se lê: v.2, n.1, abr. de 2007 leia-se: v.1, n.2, abr. de 2007.

**Setor de Alimentos: segmento de carnes (bovina, suína e aves)** Onde se lê: v. 3, n.1, abr. de 2007 leia-se: v.1, n.3, abr. de 2007.

**Setor de Fundição** Onde se lê: v.1, n.5, abr. de 2007 leia-se: v.1, n.4, abr. de 2007.

### EXPEDIENTE:

**Boletim Tecnológico** é uma publicação trimestral da **Unidade de Tendências e Prospecção – UNITEP. Equipe Técnica:** Luiz C. Caruso (SENAI/DN), Marcello José Pio (SENAI/DN), Luciano Santos da Silva (SENAI/RS), Francisco Julião (SENAI/RJ), Laur Scalzaretto (SENAI/SP), Raimundo Ferreira Façanha (SENAI/CE). **Tiragem:** 600 exemplares. **Coordenação, Editoria e Supervisão Gráfica:** Caroline R. Rocha. **Normalização:** SSC/ACIND. **Revisão Gramatical:** Roberto Azul

### ENDEREÇO:

SBN, Quadra 1, Bloco C, Edifício Roberto Simonsen, 4º andar, CEP 70040-903 – Brasília – DF, Tel.: (61) 3317-9802. E-mail: unitep@dn.senai.br