

## PROTOTIPAGEM RÁPIDA: FABRICAÇÃO COM LASER

**Hélio Lourenço Esperidião Ferreira<sup>1,2</sup>, Clayson Carvalho Ferraz<sup>2</sup>, M.S.F. Lima<sup>1</sup>,  
Getúlio de Vasconcelos<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Instituto de Estudos Avançados / IEAv - CTA, São José dos Campos - SP, getulio@ieav.cta.br

<sup>2</sup>UNIVAP – Universidade do Vale do Paraíba / São José dos Campos – SP, helioesperidiao@gmail.com

**Resumo** - O processo de sinterização a laser possibilita construir objetos tridimensionais a partir da sinterização de materiais particulados. O material particulado é armazenado em um reservatório acoplado a um braço mecânico que se movimenta através de um motor de passo comandado por um software. O braço mecânico preenche com material particulado uma cavidade formada na superfície de um pistão, este realiza movimentos micrométricos verticais para baixo da plataforma. Em seguida, esta camada de material particulado que está armazenada na superfície do pistão é irradiada com o feixe de laser que sinteriza o material. Ao término desta camada, o pistão desloca-se novamente, e um novo preenchimento com o material particulado na cavidade é realizado, e assim sucessivamente até que o objeto seja finalizado. Este equipamento possibilitou a construção de objetos tridimensionais, obtidos a partir da pré-sinterização de pó de aço 1020, recoberto com negro de fumo e resina polimérica. Os corpos de prova obtidos apresentaram boa rigidez mecânica a verde, não ocorreu delaminação do compacto e certeza dimensional inferior a 3% quando comparado as dimensões previstas pelo projeto.

**Palavras-chave:** laser, sinterização, material, particulado.

**Área do Conhecimento:** ENGENHARIAS

### Introdução

A prototipagem rápida é uma tecnologia que possibilita produzir protótipos e moldes a partir de fontes de dados gerados por sistemas CAD. O processo é feito a partir da agregação de materiais líquidos, pós ou em formato de folhas de papel, estes materiais são agrupados seqüencialmente, camada por camada, de modo que se construa o objeto de interesse.

No processo de sinterização seletiva a laser (SSL), a ação do laser provoca a sinterização dos materiais particulados, armazenados na superfície de um pistão que possui movimentos verticais micrométricos comandados. O feixe de laser interage com a primeira camada, sinterizando o material particulado. Em seguida, o pistão é deslocado verticalmente para baixo, e o recipiente é novamente preenchido com material particulado e irradiado com o feixe de laser, produzindo-se, então, a segunda camada. O processo continua sucessivamente até o final do objeto.

Para a sinterização seletiva a laser, os parâmetros mais importantes para a construção de objetos são: a densidade de potência do laser ( $W/cm^2$ ), a velocidade de deslocamento do feixe de laser (cm/s) e o espaçamento entre as camadas produzidas pelo feixe do laser ( $\mu m$ ).

### Metodologia

As partes que serão construídas através do processo de sinterização a laser devem inicialmente ser desenhadas em três dimensões por programas que utilizem o sistema CAD. Estes programas representam o modelo da parte através de uma malha triangular ou faceta no formato STL (STereoLithography). Uma vez obtido o modelo STL, o objeto é segmentado em camadas através de um software adequado conforme apresenta a Figura 1. As Camadas geradas através do arquivo STL são sinterizadas seqüencialmente formando o objeto de interesse.

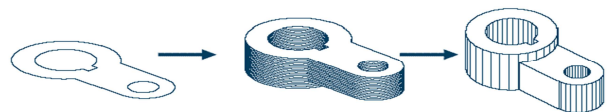


Figura 1 - Ilustração de um arquivo STL em 3D e uma fatia do mesmo.

A cada camada é possível selecionar o modo de sinterização, variando alguns parâmetros do feixe de laser, tais como:

- Densidade de potência do laser ( $W/cm^2$ )
- Velocidade de deslocamento do feixe de laser (cm/s),
- Sentido de Varredura ou irradiação.
- Espaçamento entre as camadas produzidas pelo feixe do laser ( $\mu m$ ).

O processo de sinterização a laser ocorre sobre uma plataforma constituída por um reservatório de material particulado acoplado a um braço mecânico, que preenche uma cavidade formada na superfície de um pistão cuja base é acoplada a um motor de passo. Esse pistão realiza movimentos verticais micrométricos de subida e descida e está alinhado e sustentado por uma camisa metálica, como mostrado na Figura 2.

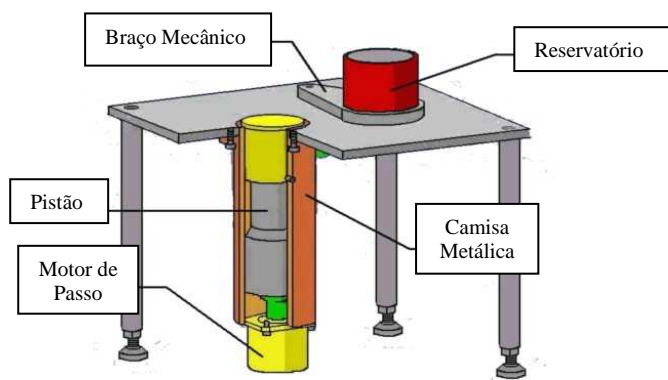


Figura 2 - Ilustração do dispositivo de sinterização por laser desenvolvido neste trabalho

O braço mecânico e o pistão se movimentam através de dois motores de passo que são controlados por um circuito eletrônico. Este circuito tem o propósito de transformar sinal digital em sinal analógico para que os motores de passos se comuniquem com o software de comando. O circuito atua também, como um dispositivo de segurança para o computador, minimizando riscos de sobre-tensão à que os motores de passo necessitam, a Figura 3 apresenta uma imagem do circuito.



Figura 3- Circuito Eletrônico com suporte para dois motores de passo.

O software de comando foi desenvolvido na linguagem Visual Basic, sua principal função é o controle do pistão, do braço mecânico e do feixe de laser demonstrado na Figura 4. O software verifica a posição inicial da plataforma, em seguida, envia um sinal, fazendo com que o braço mecânico preencha a cavidade com o material

particulado e retorne a sua posição de origem, conforme apresenta a Figura 5.

O software então envia outro sinal, informando que o feixe de laser deve irradiar o material particulado. Em seguida, envia um sinal ao pistão para que se desloque uma unidade na vertical para baixo. Estes processos ocorrem a cada camada, se o objeto tiver n camadas, os processos ocorrerão n sucessivas vezes.



Figura 4 - Dispositivo de sinterização, em destaque, a superfície do pistão onde forma-se a cavidade de armazenagem do pó.



Figura 5 - A cavidade é preenchida com pó e irradiada pelo feixe de laser de CO<sub>2</sub>. A região clara na Figura é a região irradiada pelo feixe. A parte escura é a região sinterizada.

## Resultados e Discussões

Para se avaliar a viabilidade do processo e avaliar o equipamento construído, utilizou-se um fino de pó de aço 1020 atomizado, com diâmetro médio de partícula da ordem de 0.1mm, recoberto com mistura a base de negro de fumo, com distribuição de tamanho de partículas entre 0.01 e 0.03 mm e 3% (em massa) de resina polimérica. Este material particulado foi armazenado no suporte de pó e acomodado na cavidade formada na superfície do pistão, conforme apresenta a Figura 4. Durante a etapa de preenchimento, o braço que guia o reservatório de pó, desloca-se até a cavidade, e onde ocorre a sobreposição total

da cavidade, para uma melhor acomodação do pó o pistão permanece fixo por um intervalo de 15s. Em seguida, o laser irradia a primeira camada. Os parâmetros do laser foram: intensidade de 7KW/cm<sup>2</sup>, diâmetro do feixe sobre a amostra 0,3mm, velocidade de varredura de 200mm/s, resolução 600 pontos por polegada e única irradiação por camada. A Figura 6 apresenta as partes obtidas utilizando os materiais e parâmetros citados. A dimensão da parte sinterizada, depende do número de camadas e da espessura da camada.



Figura 6 - Partes produzidas em aço 1020 pelo dispositivo de sinterização. A altura da parte esta relacionada com a quantidade de camadas a serem sinterizadas, e a espessura da camada é limitada ao tamanho médio das partículas do material de partida.

A análise por meio de microscopia óptica realizada na superfície da parte sinterizada revela a formação de pescoços entre os grãos, o que indica a ocorrência do primeiro estágio de sinterização, conforme apresenta a Figura 7.

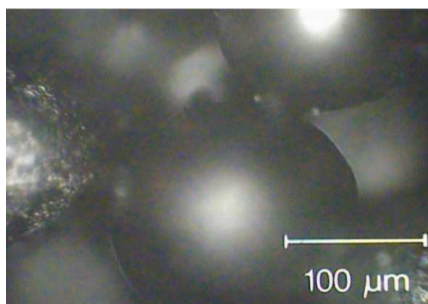


Figura 7 - Micrografia Óptica da superfície da parte sinterizada. Observa-se contato entre os grãos (formação de pescoço) na região de menor energia o que demonstra o primeiro estágio de sinterização.

A densidade dos corpos de prova foi analisada pelo método de Archimedes e obteve-se densificação de 49% da densidade teórica.

Não foi realizada uma análise na seção transversal, porque a parte sinterizada não possuía rigidez mecânica suficiente para ser

cortada e polida, por este motivo a análise da região fraturada, não fornecia focalização adequada.

### Conclusão

Conforme os resultados dos testes preliminares é comprovada a eficiência do processo de sinterização por lasers. À parte sinterizada apresentou boa rigidez mecânica e confiabilidade dimensional quando comparada ao previsto no projeto em auto CAD. A automação do dispositivo apresentado proporciona a construção de objetos tridimensionais a partir da sinterização de um maior número de camadas, visto que a alimentação do dispositivo é comandada pelo software desenvolvido.

### Referências

- D.T.Pham, R.S.Gault, A comparison of rapid prototyping technologies, *International Journal of Machine Tools & Manufacture* 38 (1998) 1257-1287.
- P. Fischer et alli, Pulsed laser sintering of metallic powders, *Thin solids films* 453-454 (2004) 139-144.
- P. Regenfuss, A. Streek, L. Hartwig, S. Klötzer, Th. Brabant, M. Horn, R. Ebert and H. Exner, Principles of laser micro sintering, *Laserinstitut Mittelsachsen Mittweida, Mittweida, Germany, Rapid Prototyping Journal*, 204-212, 2007.
- Xinagyou Li et alli, Laser direct fabrication of silver conductors on glass boards, *Thin Solids Films* 483 (2005) 270-275..
- Z.S. Macedo et alli, Sinterização ultra rápida de materiais cerâmicos usando radiação laser, *Cerâmica* v.46, 300, 2000.