

IEA – Trabalho Prático #01

Estrutura de um CubeSat

Artur Sousa (108244)

Emanuel Silva (108083)

Magner Gusse (110180)

Nuno Pereira (107382)

Turma: PL13 - Engenharia Aeroespacial

Data: 22/11/2021

• Análise

- Descrição do processo de fabrico

A Sinterização Seletiva a Laser (SLS) é um processo de fabricação aditiva que pertence à família *Powder Bed Fusion* (PBF) que engloba todos os processos de manufatura aditiva pelo qual a energia térmica de um laser funde as partículas de pó em regiões pré-determinadas. No SLS, um laser funde as partículas de um pó de polímero, no nosso caso a poliamida, construindo a peça camada por camada. Os materiais usados no SLS são polímeros termoplásticos na forma granular.

Em detalhe, no processo de impressão em SLS, o pó é disperso numa camada fina no topo de uma plataforma dentro da câmara de construção. Para o decorrer da construção da peça, o laser faz a varredura de uma secção transversal do modelo 3D, aquecendo o pó logo abaixo ou exatamente no ponto de fusão do material, sinterizando as partículas. Além disso, o pó não fundido suporta a peça durante a impressão e elimina a necessidade de estruturas de suportes na peça.

Após o pó ser fundido, a plataforma de construção desce uma camada na câmara, e em seguida, é aplicada uma nova camada de pó, sendo novamente fundida a região do sólido pré-determinada. Este processo repete-se para cada camada até que a peça esteja concluída.

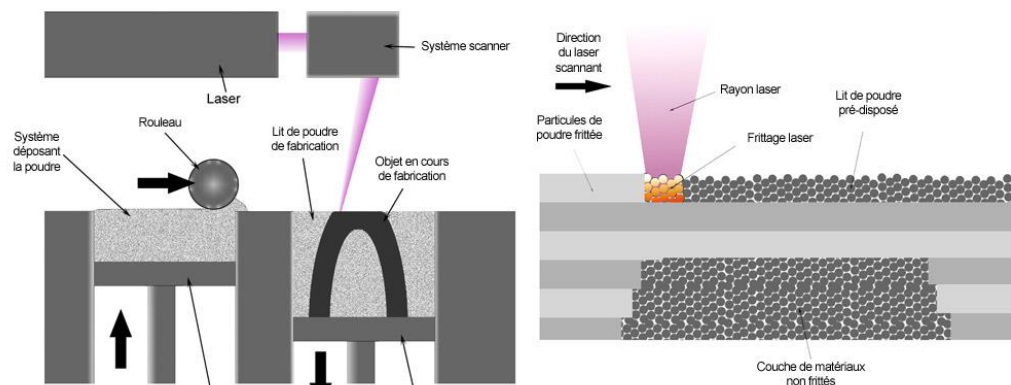


Figura 1 - Sinterização Seletiva a Laser

- Guidelines para o desenho da peça

A nossa peça foi desenhada em Fusion Desk 360, que é um programa bastante acessível com diversas funções, apesar de ser ligeiramente mais limitada que outros programas mais avançados.

O design da peça, em SLS, implica certos requisitos a cumprir, sendo a espessura da parede é uma deles, já que é necessário que a parede tenha, pelo menos, 1 mm de espessura para garantir a resistência e estrutura aquando da sua formação. Para isso, projetamos a estrutura com cerca de 2.5 mm de espessura.

No desenho da estrutura do CubeSat, primeiramente criamos um sólido (cubo) ao qual fizemos “*extrude->cut*” ao seu interior pois a estrutura não poderia ser maciça.

Após termos uma estrutura bem definida com 5 faces ligadas, de forma a fazer conexões elétricas, começamos a acrescentar detalhe à peça com o objetivo de usar menos material, ser mais eficiente e esteticamente mais bonita. Para isto, usamos as funções “*hole*” do Fusion360 para criar um *sketch* com as 3 circunferências que queríamos numa das faces e, demos “*cut*” na face que desejávamos, todas com 3 cm de diâmetro, dado que o recomendável é criar aberturas com mais de 6,5 mm, de forma a possibilitar a fácil remoção do pó interior.

Na segunda face, fez-se um *sketch* com as letras “L” “E” e “A”, coincidentes com as circunferências da primeira face. Para este desenho também garantimos todas as guidelines necessárias, uma vez que as letras tinham mais que 1 mm de espessura e uma altura maior que 4.5 mm.

Por último, na 3ª face, decidimos fazer um padrão de losangos, para isso desenhámos um *sketch* como sólido, fizemos “*cut*” para ficar inserido na face da estrutura, e seguidamente, seleccionamos o losango e criamos o padrão pretendido. Repetimos o processo 2 vezes para ficar com efeito de um losango maior e em baixo um losango menor.

Decidiu-se deixar 1 face completamente intacta para não retirar força e resistência a estrutura e deixar 2 espaços 2x2 mm, idealmente, de forma a conseguirmos implementar um mecanismo para fixar a 6 face ou outro tipo de estrutura.

Para finalizar, apenas pormenorizamos o interior criando suportes de encaixe para a implementação de circuitos elétricos e acrescentamos as 4 guias de suporte à estrutura.

De forma a garantir que a peça ficaria uniforme, confirmamos com a ferramentas do Fusion360 que todos os *sketchs* estavam nos planos necessários.

- Especificações de peça a cumprir

O design mecânico do nosso CubeSat de um módulo cúbico 1U cumpre as seguintes especificações:

- Ventilação do espaço livre no interior do satélite;
- Sistema de colocação em operação baseado em guias (original) ou em abas;
- Massa reduzida;
- Suporte de subsistemas;
- Dimensões: (Largura: $100.0 \pm 0.1\text{mm}$ x Profundidade: $100.0 \pm 0.1\text{mm}$ x Altura: $113.5 \pm 0.1\text{mm}$); (Largura de guias: $\min 8.5 \pm 0.1\text{mm}$ x Altura de guias: 0.5 a $7.0 \pm 0.1\text{mm}$); Área contacto: $6.5 \pm 0.1 \times 6.5 \pm 0.1\text{mm}$;

• Desenvolvimento

- Conceito desenvolvido

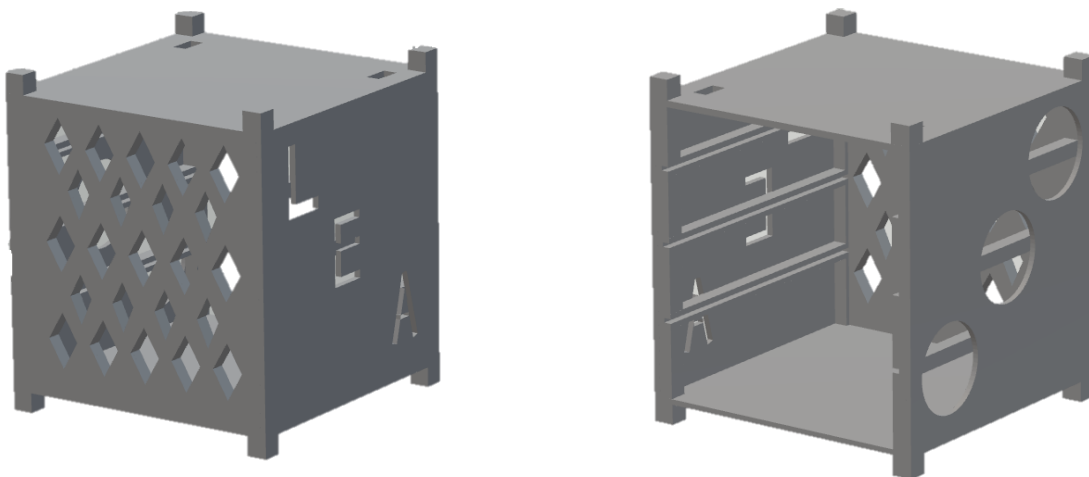


Figura 2 - Modelo estrutura CubeSat

Perante as restrições impostas no desenvolvimento da estrutura de CubeSat, desenvolveu-se uma peça simples, eficiente e leve, capaz de manter interligados todos os componentes do CubeSat e garantir a sua dissipação de calor. Foram, ainda, incluídas duas saliências superiores de forma a suportar uma estrutura adicional. Na realidade, as estruturas CubeSat não têm as mesmas preocupações de resistência que os satélites maiores, pois têm o benefício adicional do implantador apoiá-las estruturalmente durante o lançamento. O seu design foi facilitado, dado que o uso de SLS não necessita de estruturas de suporte, ou seja, o pó fornece todo o suporte necessário para a construção das peças, por esse motivo, foi possível incluir padrões que seriam difíceis de fabricar com outros métodos de impressão 3D.

- Detalhe da peça

Esta estrutura é composta por guias de suporte, base e paredes de proteção dos componentes relacionados com a missão do satélite. É capaz de integrar vários subsistemas do CubeSat, através da inclusão de calhas, que podem suportar as placas dos circuitos que irão desempenhar a missão. Adotamos a espessura de 2.5 mm para garantir resistência mecânica à estrutura para que seja capaz de não só suportar as placas, mas também resistir às condições a que pode estar sujeito, no entanto, sem acrescentar massa desnecessária. Integramos ainda, na peça, orifícios nas paredes laterais da estrutura, que têm a função de garantir a ventilação no satélite, incluindo a sigla simbólica “LEA”. As guias implementadas, tendo maior espessura em relação às paredes (6.5 mm), servem de suporte ou pilares da estrutura, fazendo com que a estrutura seja mais resistente e permitindo, também, a implementação do sistema de colocação em operação baseado em guias.

• Manufatura

- Descrição do fabrico

A elaboração da peça, exige o desenvolvimento de um modelo CAD da peça que será interpretado pela máquina responsável pela impressão. Durante o pré-fabrico, a impressora pré-aquece o pó a uma temperatura logo abaixo do ponto de fusão da matéria-prima por um período de aproximadamente uma hora e meia.

Finalizada a peça, é necessário um período de arrefecimento de uma hora e meia até ao seu manuseio. Retira-se a peça da câmara de impressão com a ajuda de uma caixa que permite a retenção de todo o pó durante a subida do pistão da câmara de impressão e transfere-se para uma estação de limpeza para que seja, manualmente, removido o material não sinterizado.

Qualquer excesso de pó remanescente após a recuperação da peça pode ser filtrado para remover partículas maiores e, conseqüentemente, reciclado. No entanto, é preciso observar que o pó não fundido também se degrada com a exposição a altas temperaturas, portanto, deve ser misturado com material novo para poder ser utilizado. Esta capacidade de reutilizar material para trabalhos seguintes torna o SLS um dos métodos de fabricação com menos desperdício no mercado de impressão 3D.

- Análise e discussão do resultado

Comparando as medidas virtuais com as medidas reais, não se observou qualquer tipo de erro associado à impressão na máquina, pelo que se conclui que este foi um processo bastante preciso.

No que toca à resistência, é possível afirmar que a peça cumpre este requisito dado que não se deforma quando lhe imprimimos força nas suas faces, nem se desgasta quando a raspamos.

Notamos que as superfícies têm boa qualidade, no entanto, com alguma rugosidade que pode ser reduzida se aplicado um processo de acabamento. Observou-se uma melhor resposta na parede de trás, uma vez que tem maior espessura (3mm) e mais orifícios, podendo estar associado à existência dos mesmos, e uma pior resposta, nas paredes laterais (2,5mm), associada à menor espessura e às calhas que lhes estão ligadas.

Relativamente à massa, atingimos um valor de 152 g, o que consideramos ser razoável, dado que a massa de um CubeSat é limitada.

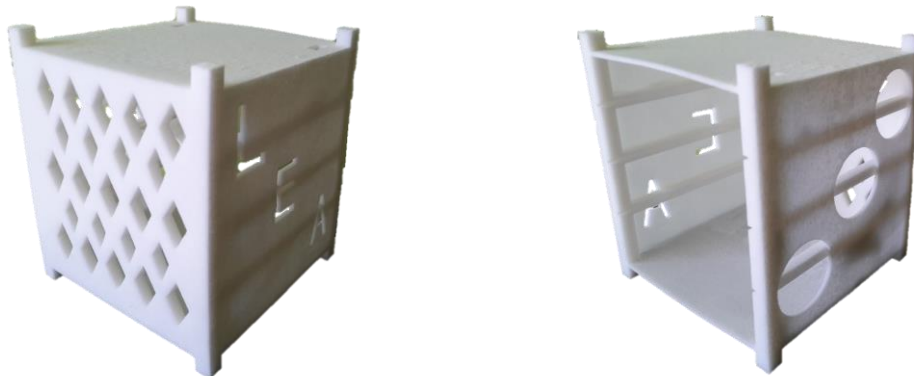


Figura 3 – Estrutura real de CubeSat