

## Fabrico Digital e o Ensino na Área da Impressão 3D - Caso Prático 1 - Dispositivo de Aperto

A impressão 3D oferece múltiplos benefícios, tais como: comunicação rápida e eficaz de ideias de projeto; validação efetiva do design; análise formal ou funcional. Oferece igualmente uma maior flexibilidade de projeto, permitindo rapidamente a realização de múltiplas iterações, de modo a validar o conceito; corrigir defeitos e melhorar a qualidade de produção e dos produtos finais. Uma das suas realidades parece ser a indispensabilidade de um modelo digital para se obter um modelo físico por impressão 3D.

O tutorial seguinte apresenta um caso prático, representado por um dispositivo de aperto mecânico, figura 1, obtido por Impressão 3D com recurso à tecnologia FDM.

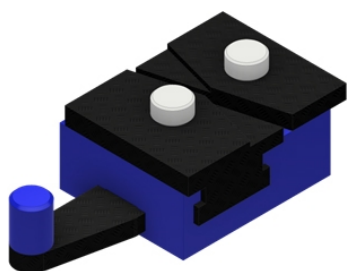


Figura 1 - Dispositivo de aperto mecânico

A tecnologia FDM é o método mais tradicional, consiste na impressão de peças/moldes usando filamentos, que são extrudidos à medida que o extrusor se desloca criando a peça em 3D. As impressoras 3D baseadas nesta tecnologia FDM fabricam as peças camada por camada, de baixo para cima, ao aquecer e ejetar um filamento termoplástico por uma fina cabeça de extrusão. É a tecnologia mais utilizada devido ao baixo custo e versatilidade dos materiais utilizados. A impressora a usar será a Raise3D Pro2.

Dispositivos de aperto ou Gabaris são dispositivos muito comuns na mecânica de precisão para suporte de outros dispositivos ou peças a serem trabalhados mecanicamente, nomeadamente em processos de arranque de apara ou em processos de soldadura. Estes equipamentos são caracterizados por serem compostos por um conjunto de componentes com um bom acabamento superficial e por tolerâncias bastante apertadas de fabrico. O deslizamento guiado entre os diferentes componentes obrigam na mecânica a optar por ajustamentos do tipo H/g, que são ajustamentos caracterizados por um deslizamento muito justo entre os diferentes elementos, figura 2. O nosso desafio neste trabalho prático visa simular numa Impressora Raise3D Pro2 características similares de acabamento de ajuste entre os diferentes componentes.

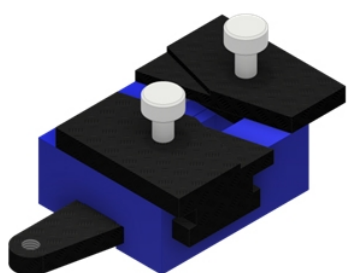


Figura 2 - Movimento guiado e relativo entre os diferentes componentes

Para além deste desafio ainda teremos que imprimir dois componentes que se encontram ligados por uma ligação roscada, M10.



Figura 3 - Ligação roscada, M10, entre os dois componentes apresentados

A primeira peça a imprimir será a corredeira, apresentada na figura 4. O material a usar será o PLA de cor preta. O modelo 3D foi obtido por modelação 3D num software de CAD 3D. O componente foi modelado de acordo com as dimensões nominais, não foram definidas nesta peça o tipo de ajuste na dimensão nominal para permitir um deslizamento justo entre a corredeira e o componente corpo, figura 6. Esse ajuste dimensional será feito no componente Corpo, sobretudo nas cotas de 30g6 e 10h8. Para que o ajuste entre as peças obtidas por impressão 3D tenham um comportamento idêntico a ajustamento deslizante justo, ou seja idêntico a um ajustamento H7/g6 ou a um ajustamento H8/f8 é necessário deixar uma folga de 0.05 mm entre as faces de ajuste dos componentes a imprimir.

Para que a rosca M10 seja funcional precisamos de a modelar a 3D, com o respectivo perfil triangular. Para que a rosca obtida por impressão 3D tenha o comportamento similar ao da roscagem mecânica precisamos de deixar 0.05mm de folga entre o parafuso (macho) e a superfície interior de furo roscado.

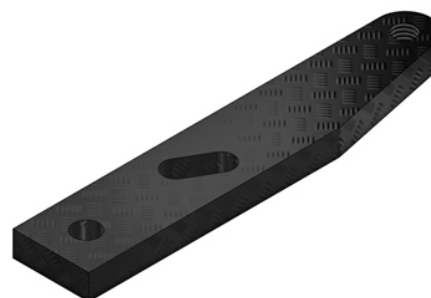
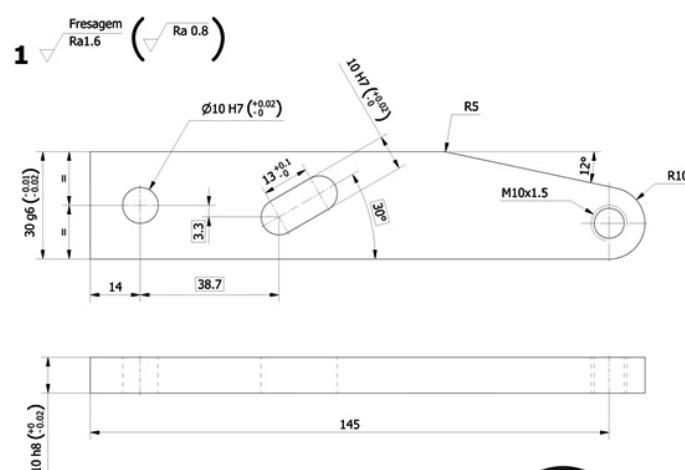


Figura 4 - Componente Corredeira

Com o software *ideaMaker*, importamos o modelo 3D do software de CAD 3D, em formato STL. Para que a peça apareça corretamente posicionada, devemos modelar o componente de forma a que a face que desejamos apoiada na plataforma de impressão esteja alinhada com o plano XY do software de CAD, no entanto temos sempre a possibilidade no software de impressão, *ideaMaker*, de rodar o modelo 3D e colocar a face desejada apoiada na plataforma. Este procedimento já era comum nos processos de fabrico por arranque de apara, tecnologia subtrativa, nomeadamente na Fresagem CNC.

No software *ideaMaker*, faça clique no menu *File* e selecione *ImportModels* e na janela apresentada seleccione o ficheiro STL do modelo pretendido, figura 5 ou em alternativa arrastar o ficheiro STL para dentro da janela da área de impressão.

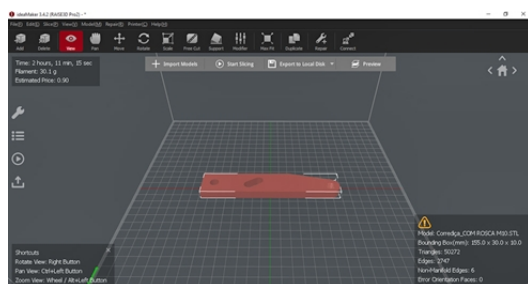


Figura 5 - Software *ideaMaker*

Depois de analisarmos o posicionamento do modelo é necessário fazer o respectivo fatiamento e gerar o respectivo programa de CNC para a impressão do modelo. Para isso faça clique em *StartSlicing* e na janela *Select Template*, figura 6, seleccione *Edit* para controlar alguns parâmetros essenciais à impressão.

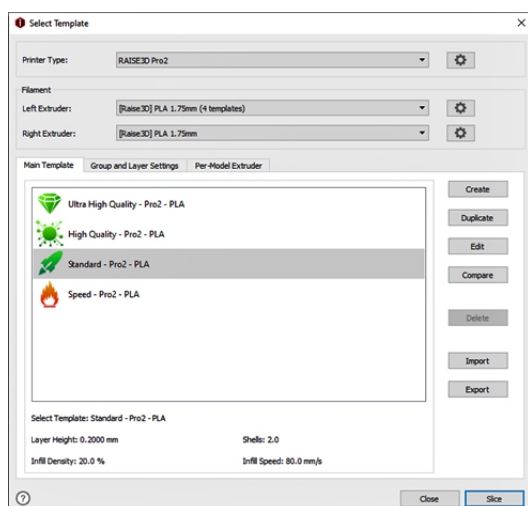


Figura 6 - Janela *Select Template*

Na janela *Edit Template*, figura 7, podemos controlar o parâmetro *InfilDensity*, que representa a percentagem de enchimento interior da peça. Um valor maior deste parâmetro representa uma peça com uma percentagem de preenchimento maior, ficando obviamente a peça com maior robustez mecânica, mas em contrapartida iremos consumir um maior volume de material e mais tempo de impressão. Cada peça a imprimir deve ser analisada e verificar-se que tipo de resistência mecânica é pretendida e seleccionar-se o valor do *InfilDensity* em função disso.

Em *Shells* definimos a espessura da parede, neste caso 2 mm espessura, figura 7. Podemos aqui optar por uma espessura

maior ou menor consoante a resistência da peça pretendida ou porventura em função de algum acabamento superficial que pretendamos fazer à posterior.

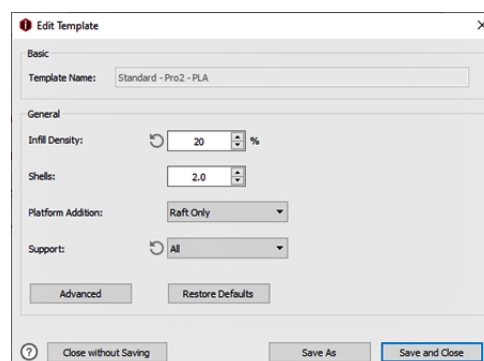


Figura 7 - *Edit Template*

Faça clique em *Advanced*, figura 8, para editar outros parâmetros de controlo da impressão. No separador *Layer*, em *LayerHeight*, definimos a altura de cada camada de impressão, neste caso 0.2 mm. Este valor pode ser ajustado, um valor mais baixo permite um melhor acabamento superficial, mas em contrapartida um maior tempo de impressão. No separador *Extruder* definimos os parâmetros de controlo dos extrusores. Nos separadores *Infil*, *Support* e *PlatformAdditions* deve ter-se em atenção o extrusor seleccionado para o preenchimento, suporte (quando necessário e em zonas devidamente calculadas automaticamente pelo software) e *Raft* (Base de apoio inicial à impressão). Para os restantes parâmetros podemos aceitar os propostos de forma padrão pelo software.

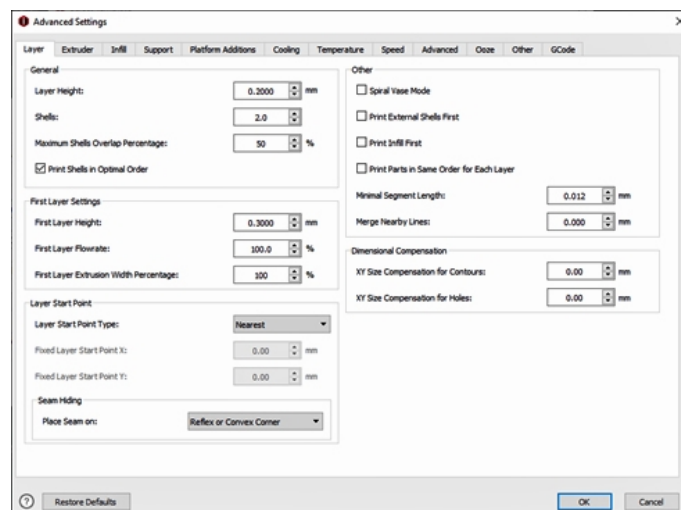


Figura 8 - *Advanced Settings*

Faça clique em OK para fechar esta janela.

Faça clique em *Save and Close* para gravar e fechar a janela *Edit Template*.

Faça clique em *Slice* na janela *Select Template* para fazer o pós-processamento. Na janela *Estimated Print Result*, figura 9, são apresentados alguns dados relativos ao tempo de impressão, material consumido e custo estimado. Faça clique em *Export* para gravar o ficheiro CNC, por exemplo numa *pen drive*. É com este dispositivo que se deve ligar à impressora para dar início à impressão. No caso de disponível uma rede, pode enviar o ficheiro directamente para a impressora.

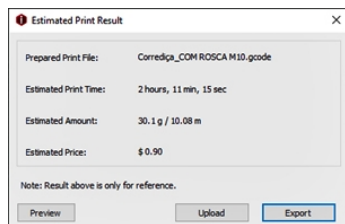


Figura 9 - Janela *Estimated Print Result*

Poderá também optar por fazer clique em *Preview* para fazer uma pré-visualização do processamento feito, figura 10.

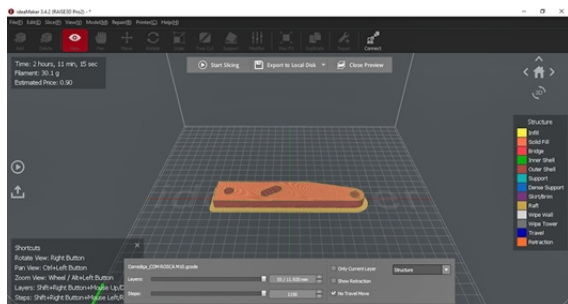


Figura 10 - *Preview*

Na impressora seleccione *Print* e *USBstorage* e escolha o ficheiro CNC a executar, figura 11.



Figura 11 - *Print*

O resultado da impressão da *corredça* é apresentado na figura 11.



Figura 11 - Resultado da impressão da *Corredça*

Vamos agora imprimir o componente *Corpo*, figura 12. Para que este componente se ajuste ao anterior, *corredça*, necessitamos de fazer alguns ajustes nas dimensões respeitantes aos ajustamentos com os outros componentes do conjunto. Na cota de 10H8, ajustamos para 10.1, aumentando 0.05 mm por banda. Na cota de 30H7, ajustamos para 30.1, aumentando 0.05 mm por banda.

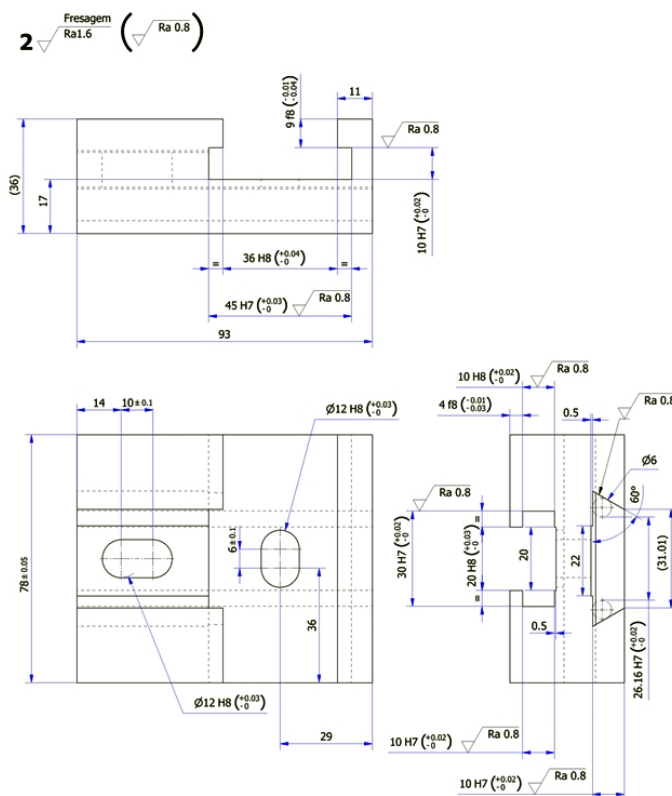


Figura 12 - Componente *Corpo*

O resultado da impressão da *Corpo* é apresentado na figura 13.

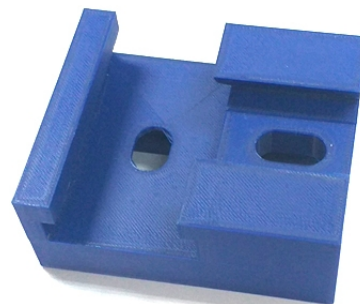


Figura 13 - Resultado da impressão do *Corpo*

Vamos agora imprimir o componente *Perno roscado*, figura 14. Para que este componente se ajuste, por roscagem, ao componente *Corredça*, necessitamos de criar uma rosca métrica real, com uma folga por banda de 0.05 mm, ou seja a roca M10 deve ter como diâmetro máximo 9.9 mm.

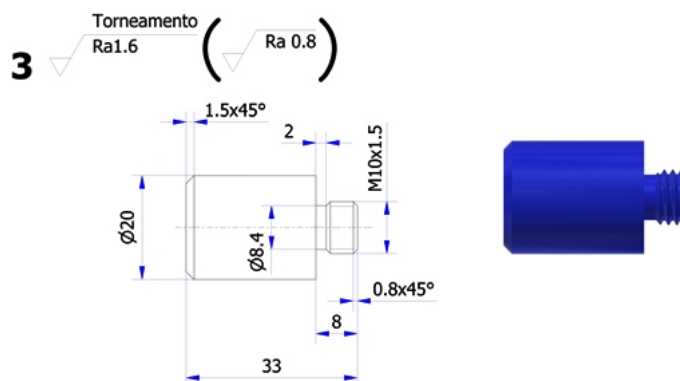


Figura 14 - *Perno roscado*

Na figura 15 podemos ver a pré-visualização da impressão do componente Perno roscado. Como podemos verificar a impressão do componente é feita na vertical pois isso conduz a uma forma geometricamente mais perfeita.

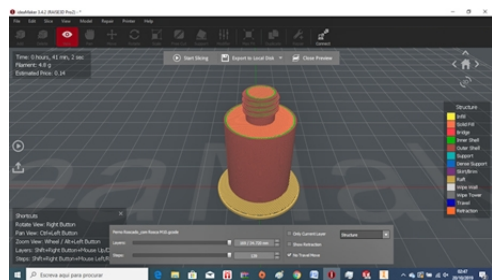


Figura 15 - Pré-visualização da impressão do componente Perno roscado

O resultado da impressão do Perno roscado é apresentado na figura 16.

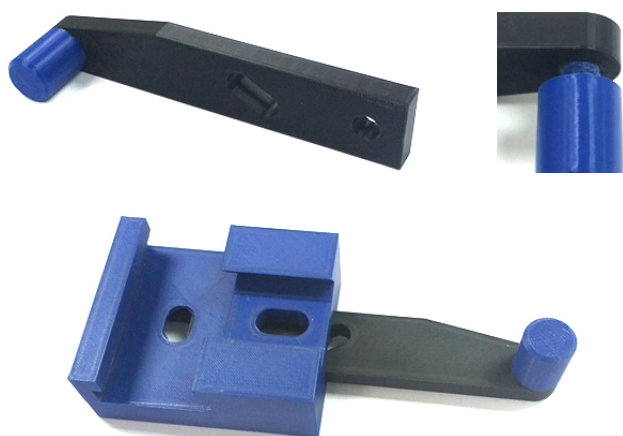


Figura 16 - Resultado da impressão do Perno roscado

Vamos agora imprimir o componente Maxila da corredeira, figura 17. Para que este componente se ajuste ao componente Corpo de forma deslizante justo, devemos atribuir folgas de 0.07 mm por banda nas dimensões de ajuste, devido existirem múltiplas faces em ajustamento simultâneo. Também poderíamos aqui, determinar uma folga maior na cota de 36 e optar por uma folga menor na cota de 45. No entanto optando por uma folga de 0.07 mm entre as diferentes faces, as dimensões 45g6, 36f7 e 10f7, devem ficar com respectivamente 44.86, 35.86 e 9.86, retirando por banda em relação à dimensão nominal anterior 0.07.

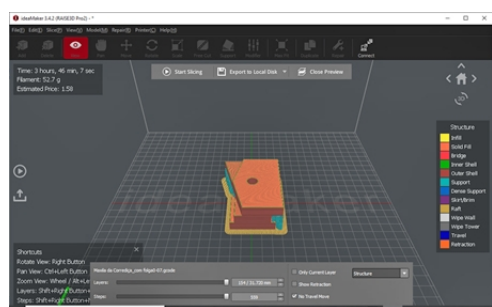


Figura 17 - Pré-visualização da impressão do componente Maxila da corredeira

Na impressão deste componente torna-se um pouco evidente que a melhor direcção deve ser aquela expressa na pré-visualização apresentada na figura 17. Nos restantes parâmetros de impressão vamos optar por manter os mesmos em relação à impressão dos componentes anteriores.

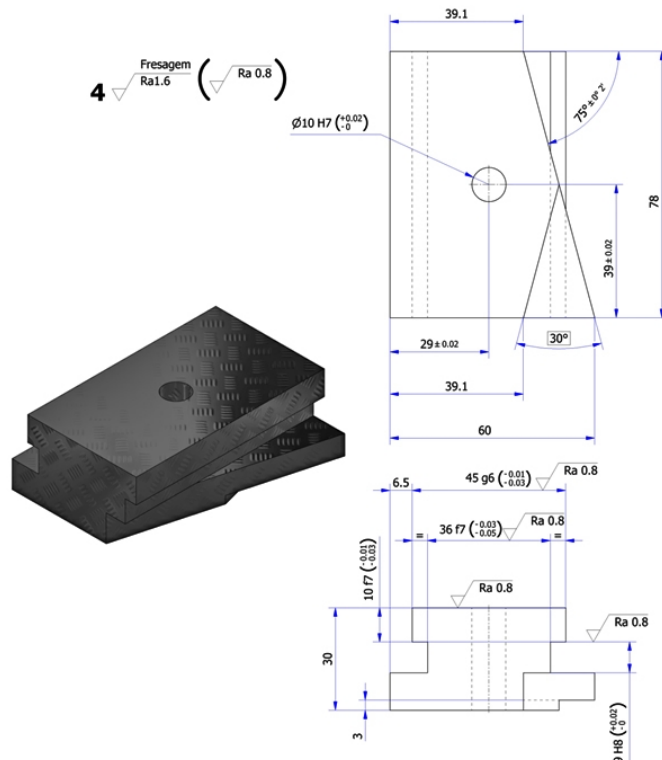


Figura 18 - Maxila da corredeira

Tal como nos ajustamentos mecânicos, em que o trabalho do serralheiro ajustador é fundamental, aqui também um trabalho de posterior ajustamento é fundamental, figura 19.

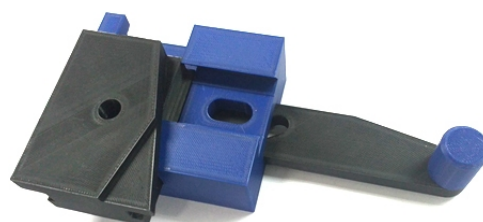


Figura 19 - Resultado da impressão e montagem da Maxila da corredeira

A tarefa seguinte consiste em fazer a impressão do componente Pino, figura 20. Como vamos precisar de dois destes elementos em toda a montagem vamos optar por imprimir já os dois. Para ajustar este componente Maxila da corredeira, vamos optar por alterar a cota de 10g6, para 9.9 no modelo 3D, retirando 0.05 mm por banda.

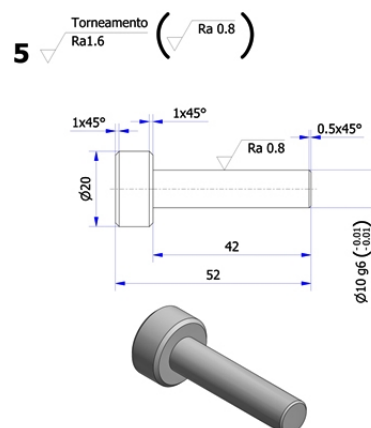


Figura 20 - Pino (Quantidade=2)

O pino deve ser impresso ao alto, de acordo com a figura





21, para melhor cumprir a geometria cilíndrica do componente. Em relação aos restantes parâmetros de impressão vamos manter os parâmetros da impressão dos componentes anteriores.

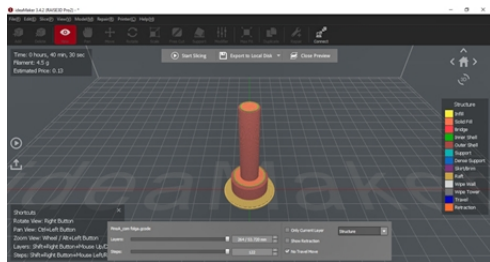


Figura 21 - Pré-visualização da impressão do componente Pino

Após impressão e montagem do componente Pino o resultado obtido é apresentado na figura 22. O ajustamento do Pino com os restantes elementos deve ser do tipo deslizante.

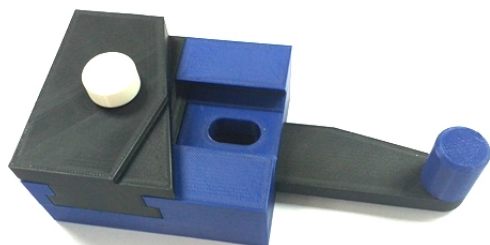


Figura 22 - Resultado da impressão e montagem do Pino

A tarefa seguinte do trabalho consiste em imprimir agora o componente Maxila, figura 23. Para que este componente se ajuste ao componente Corpo de forma deslizante justo, devemos atribuir folgas de 0.05 mm por banda nas dimensões de ajuste. Este ajustamento, conhecido no mundo da mecânica, como um ajustamento rabo de andorinha é feito entre a dimensão de 47.4g6, a dimensão 10h7 e o ângulo de 60°. Vamos optar aqui por retirar 0.05 mm por banda, na cota de 47.4, ficando 47.3 e na cota de 10h7, retirar 0.05 mm, ficando 9.9. Em relação ao ângulo vamos manter a inclinação de 60°. Uma forma simples, para definir esta folga nos softwares de CAD, é delinear um contorno, na geometria do ajustamento, com uma folga de 0.05 mm, em todo o contorno e remover essa secção de material, em toda a extensão do ajustamento.

Em relação à direcção de extrusão vamos usar a mesma da do componente anterior, Maxila da corredeira. O suporte, criado automaticamente pelo *software*, deve ser removido antes do ajuste do componente.

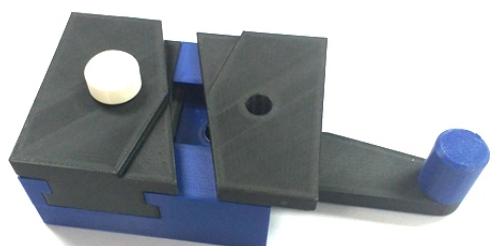


Figura 23 - Resultado da impressão e montagem do componente Maxila

O resultado da impressão e do respectivo ajustamento é visível na figura 23.

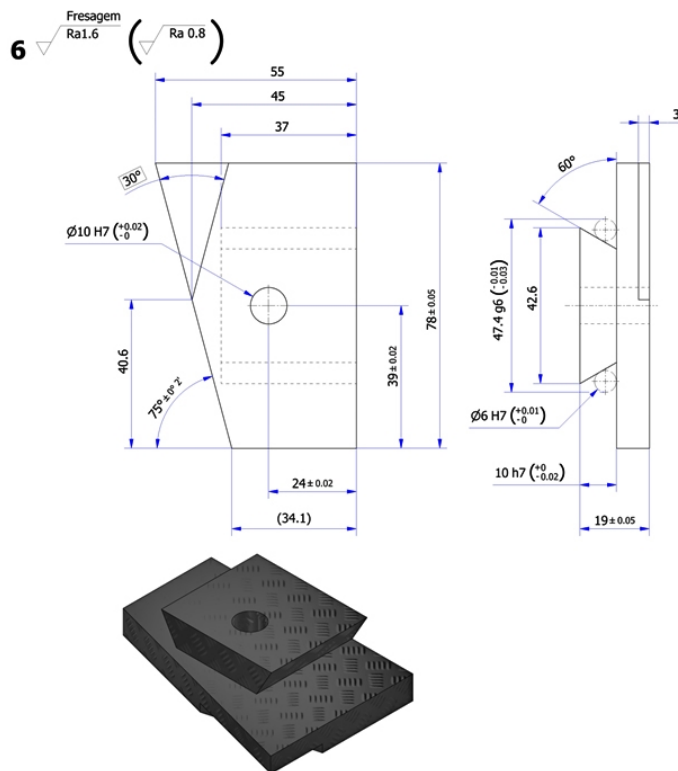


Figura 24 - Maxila

A tarefa seguinte consiste na montagem do outro Pino para finalizarmos a montagem, figura 25.



Figura 25 - Resultado da impressão e montagem do último componente Pino

## Conclusões

Neste trabalho usamos impressão 3D em PLA para substituir dois processos de fabrico muito comuns na indústria, fresagem e torneamento. Os ajustamentos, muito comuns na mecânica cuidada, foram aqui testados em impressão 3D. As qualidades de fabrico 7 e 8, muito comuns também na mecânica cuidada, com tolerâncias na ordem das 0.02 mm, para este tipo de dimensões, são aqui, na impressão 3D, traduzidos por folgas de 0.05 mm. Com isto obtemos ajustamentos similares aos da construção mecânica tradicional.

Neste tipo de ajustamentos, não podemos esquecer o trabalho do serralheiro ajustador tão comum na indústria, como finalizador deste tipo de ligações mecânicas cuidadas. Também na impressão 3D, essas técnicas de acabamento fino devem ser recuperadas para definirmos ligações mais funcionais e exactas.

Nas ligações roscadas do tipo métrico, temos que forçosamente modelar a 3D toda a geometria da rosca, para que esta seja executada. Aplicar uma folga 0.05 mm, por banda, entre as superfícies dos elementos roscados.

**Américo Costa** - Engenheiro Mecânico - FEUP / Departamento de Formação do CENFIM