

Durante o desenvolvimento do ISTSat-1 foi necessário fazer algumas apresentações sobre o estado e a evolução dos trabalhos. Depois de o [ISTSat-1 estar construído](#) este foi requisitado, várias vezes, para exposições e demonstrações públicas.

Nas primeiras apresentações do ISTSat-1, em conferências, colóquios e demonstrações foi usado o Modelo de Engenharia do ISTSat-1, um modelo funcional, mas dado que este é único tornou-se fundamental preservá-lo. Por isso, foi iniciado o processo de fazer algumas réplicas (cópias, melhores do que o original) do ISTSat-1, que apenas o representam no seu aspeto físico, mas que podem ser manipuladas.

As réplicas do ISTSat-1

As várias réplicas foram feitas a partir de peças de plástico impressas em 3D, imagens das faces do ISTSAT-1 impressas em vinilo sobre placas de fibra de vidro FR4 e antenas realizadas também em FR4, Fig.1.

As réplicas dispõem de um dispositivo que permite que fiquem penduradas em diferentes suportes, de modo a que as pessoas possam ver as diferentes faces sem manipularem as réplicas.

Foram desenvolvidas peças para fabricar réplicas na escala 1:1 e na escala 2:1. As réplicas na escala 2:1 serão detalhadas noutro documento.

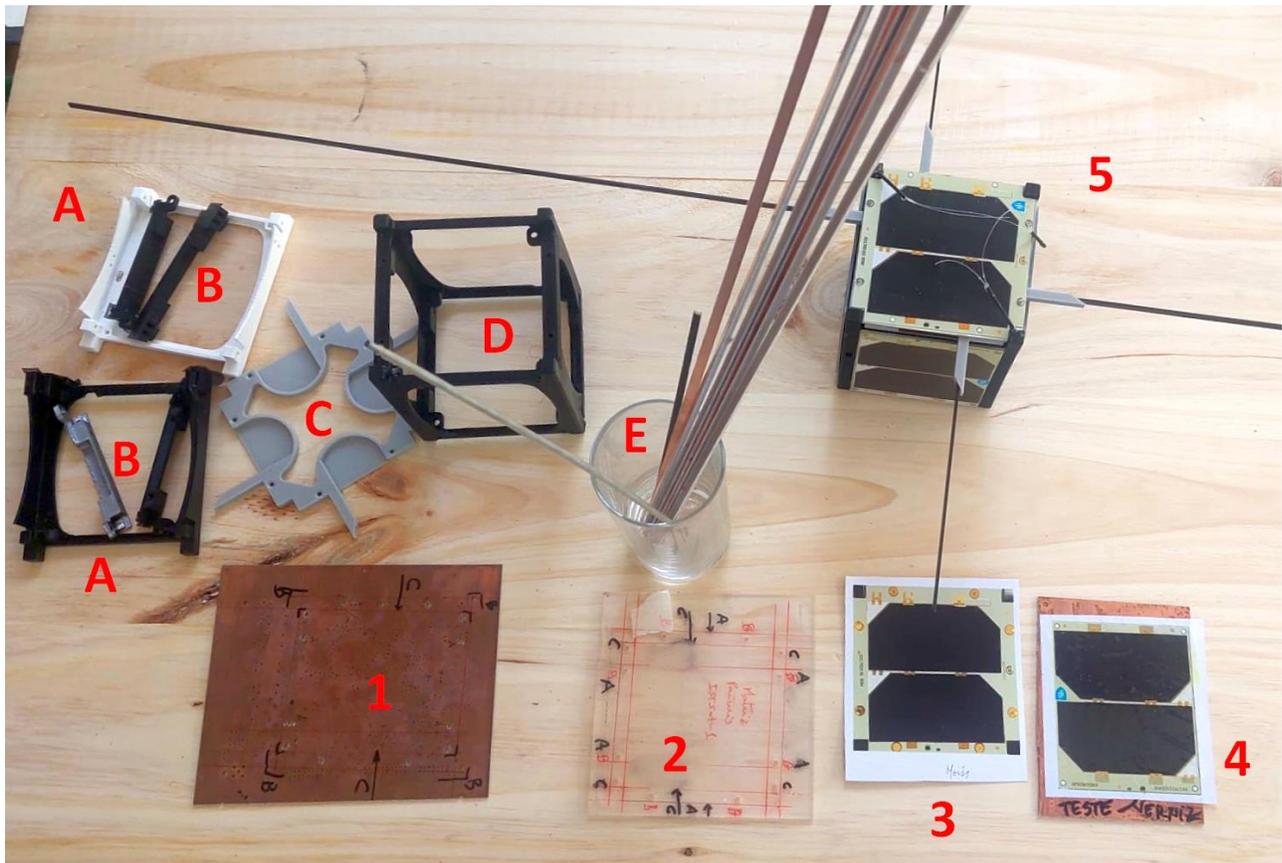


Fig.1 – Peças básicas usadas na réplica na escala 1:1 do ISTSat-1.

A-Peças laterais; B- Peças da base e do topo; C- Peça de suporte das antenas; D- Estrutura da réplica; E- peças para fabricar as antenas; 1- Gabarito para furação de painéis; 2- Gabarito para posicionamento de vinilos; 3- Exemplo de vinilo impresso a Laser; 4- Colagem do vinilo a substrato FR4; 5- Exemplo de réplica final (escala 1:1).

As réplicas atuais

Atualmente há quatro réplicas: R1, R2, R3 e R4, que foram realizadas na escala 1:1. O processo de construção foi evoluindo de geração em geração.

A réplica R1 está exposta no [IST NanosatLab](#) e já participou em várias exposições. A réplica R2 foi feita para estar em exposição no Museu Faraday do IST, mas atualmente está em [exposição no TIC do IST](#).

As réplicas 1 e 2 têm antenas fixas, Fig. 2a), coladas ao módulo de antenas. Este sistema além de dificultar o transporte levou a que as antenas, que são muito frágeis, já se partissem por várias vezes.

As réplicas 3 e 4 estão dotadas de uma modificação recente com a introdução de uma cavidade um pouco elástica (fenda), Fig.2b), que permite que as antenas sejam amovíveis de modo a facilitar o seu transporte e acondicionamento.

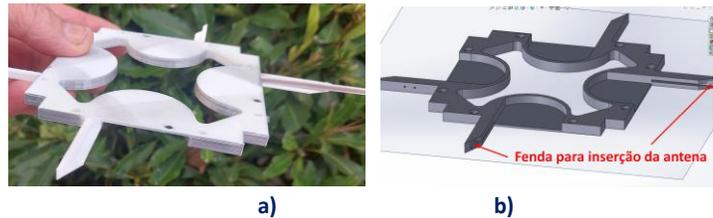


Fig.2 – Módulo de antenas.

a) versão - antenas fixas; b) -versão - antenas amovíveis.

Foi criado um pequeno estojo, Fig. 3, para que as antenas amovíveis possam ser transportadas em segurança, sem se partirem.

A réplica R3 está completamente montada e apenas as antenas são amovíveis facilitando, assim, o seu transporte. Esta réplica é a mais perfeita das que já foram construídas e faz parte de um demonstrador interativo que está em construção.



Fig. 3 – Estojo de antenas amovíveis do ISTSat-1.

A réplica R4 é completamente desmontável e facilita ao máximo o seu transporte, tendo de ser montada no local da apresentação do ISTSat-1. Está a ser exposta na conferência internacional [IAC, em Milão](#), e está inserida no balcão da [PTSpace](#), Fig. 4.



Fig. 4 - ISTSat-1, R4, na IAC2024, com João Monteiro.

O suporte das réplicas

As réplicas são penduradas num suporte que permite que elas sejam completamente observáveis (todas as faces do ISTSat-1) de qualquer ângulo sem que tenham de ser manipuladas.

Está em construção um suporte completamente desmontável, para ser usado com a réplica R4 que também é completamente desmontável.

Fabricação das réplicas

Seguidamente referem-se os detalhes construtivos de uma réplica, na escala 1:1, a partir das peças representadas na Fig.1.

A montagem da estrutura.

As peças A, B, C e D da Fig.1 são envernizadas com um verniz apropriado para plásticos, para impedir a absorção de água (vapor) que as peças de plástico impressas em 3D tipicamente sofrem. Depois, são pintadas com uma tinta da cor final desejada. As réplicas não desmontáveis são construídas através da colagem das peças constituintes usando uma cola flexível (não usar colas à base de cianocrilato), como, por exemplo, uma cola para colar peças de PVC.

Depois da réplica estar colada é pintada com uma tinta da cor final desejada.

Os gabaritos

O gabarito1, da Fig.-1, consiste numa placa de circuito impresso, FR4, com cobre nas duas faces. Nesta placa foram posicionados e realizados, com elevada precisão (CNC), furos de 3 mm de diâmetro. É a peça padrão para realizar todas as réplicas.

Esta matriz de furos permite gerar o gabarito 2, em chapa acrílica transparente de 3 mm de espessura. É esta chapa transparente que permite servir de guia para a futura furação dos painéis que são as faces da réplica do ISTSat-1.

Os vinilos

As imagens são impressas a laser em vinilo autoadesivo com substrato de papel encerado. As imagens foram obtidas a partir de imagens fotográficas das faces do ISTSat-1. As distorções geométricas foram corrigidas usando programas de processamento de imagem (Irfanview, Gimp e Photoshop), aproveitando as facilidades proporcionadas por cada um deles. As imagens foram passadas para o programa de desenho Visio onde se definiu o posicionamento rigoroso dos furos de fixação das placas e se ajustou a imagem a esta furação. Obteve-se uma imagem que

foi passada para o programa IrfanView e que permite fazer a impressão final na dimensão pretendida (escala 1:1 ou escala 2:1).

Nos vinilos, depois de impressos, os riscos são corrigidos com um marcador preto de tinta de álcool. Depois levam uma camada de verniz transparente de alta temperatura para fixar a imagem, pois, nomeadamente as partes pretas são facilmente riscáveis.

As faces da réplica

As faces da réplica são feitas em chapa de fibra de vidro FR4 de 1,5 mm de espessura, cortadas com cerca de 10 mm a mais do que a dimensão final da face do satélite.

A face das chapas onde vai ser colado o vinilo é limpa com álcool. As chapas são pré-aquecidas a cerca de 60°C e depois são humedecidas com água, para dificultar a criação de bolhas de ar quando o vinilo adesivo é colado, depois de o separar do substrato de papel. O conjunto é passado num laminador aquecido a cerca de 100 °C, suficiente para não derreter o *toner* da imagem, promover uma adesão forte do vinilo à placa de FR4 e eliminar algumas bolhas de ar.

Depois da adesão do vinilo eliminam-se os riscos com marcadores de álcool e aplica-se uma suave camada de verniz transparente, de baixa temperatura.

Usando o jig 2 da Fig. 1, sobre as placas com as imagens das faces, faz-se coincidir o jig de modo a que a imagem dos furos coincida com os furos do jig e através destes fazem-se os furos na placa FR4 usando uma broca de 3 mm de diâmetro.

Usando uma tesoura guilhotina (grande) corta-se o excesso da placa FR4 e com uma mó de esmeril aproxima-se o contorno da face ao contorno da imagem. O acerto final é feito à mão com uma lima.

No fim, dá-se uma nova camada de verniz transparente para fazer a proteção final da face da réplica.

As antenas

As antenas são feitas em tiras de chapa de circuito impresso FR4, com 500 mm de comprimento e cerca de 5mm de largura, cortadas numa guilhotina, ver E na Fig.1.

Foi construído um gabarito, jig J, na Fig.5a, em que a parte J2 é ajustável relativamente à parte J1, permitindo calibrar a largura das antenas na dimensão de 3,7 mm, ver Fig. 5b.

A cerca de 40 mm de uma das pontas da antena, a sua largura é ajustada manualmente para 3 mm, de modo a que antena possa ser inserida na cavidade de fixação da antena no módulo de antenas.

As antenas são pintadas com 3 camadas de tinta preta e é identificada, com uma cor, a ponta que tem a largura de 3 mm.

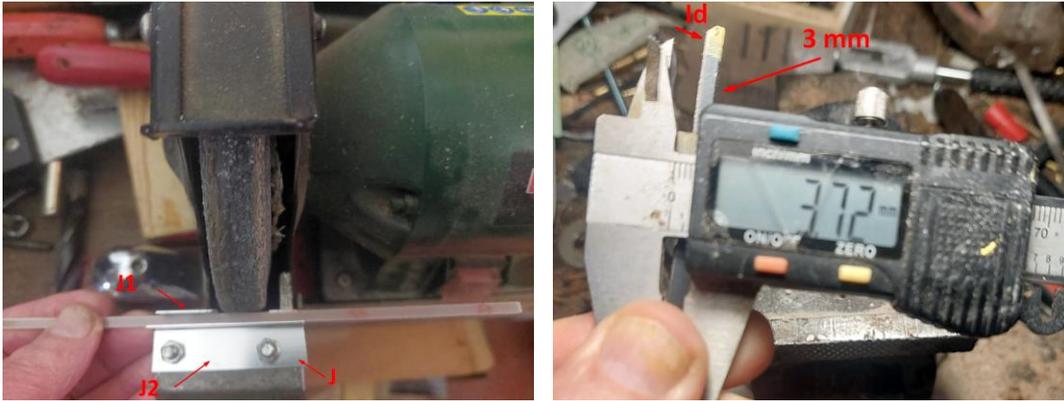


Fig.3 -Calibração da largura das antenas.

a) - Jig de calibração; b) ajuste da ponta da antena a 3 mm de largura.

As partes visíveis do módulo de antenas são pintadas com uma tinta metálica imitando um acabamento cromado e as partes de suporte das antenas são pintadas de branco.

Agradecimentos:

Ao apoio dado pelo Prof. Rui Rocha, pelo Dr. João Monteiro e ao trabalho de CAD dos alunos Tiago Santos, Pedro Amado e Afonso Murralha.