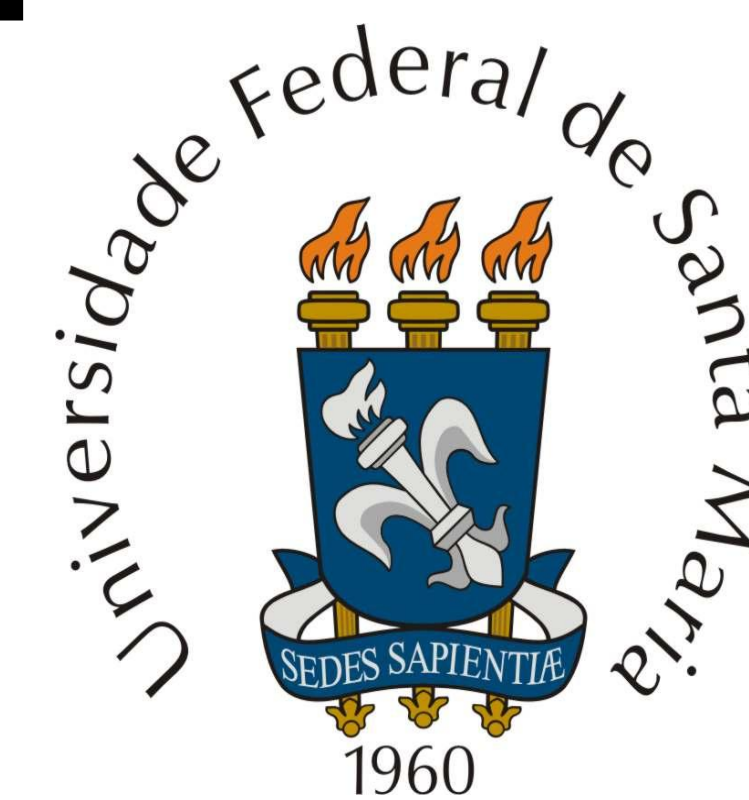




# PROJETO MECÂNICO ESTRUTURAL DO CUBESAT NANOSATC-BR2 SUBMETIDOS A AMBIENTES DE LANÇAMENTO ESPACIAL



SICCRS - 2013

SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO CRS

Iago Camargo Silveira<sup>1</sup>, Rubens Zolar Gehlen Bohrer<sup>2</sup>,  
Otávio Santos Cupertino Durão<sup>3</sup>, Nelson Jorge Schuch<sup>1</sup>.

1 – Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/INPE – MCTI,  
2 – Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA, São José dos Campos, SP, Brasil.  
3 – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE/MCTI, São José dos Campos, SP, Brasil.

e-mail: iago7\_2011@hotmail.com



## Resumo

O projeto mecânico estrutural do NANOSATC-BR2 é constituído de análises estruturais com cargas pré-estabelecidas aplicadas ao CubeSat com o intuito da avaliação da sua integridade funcional após a aplicação das cargas. Para realização do Projeto é necessário estudo com base em documento oficiais do lançador, a efeito de exemplo se considerou o foguete indiano o PSLV, como um possível lançador orbital do NANOSATC-BR2, para determinação das cargas estática e respostas em frequências a qual o CubeSat estará submetido durante a fase de lançamento, sendo esta fase considerada a mais crítica com relação as cargas impostas na plataforma do satélite. As análises mecânico estruturais propostas no Projeto são realizadas com auxílio de software que se baseia na teoria dos elementos finitos para avaliação das tensões e deslocamento que ocorrem com o satélite após aplicação das cargas. Desta maneira fez-se necessário o aprendizado sobre modelagem de elementos finitos de estruturas em software. Posteriormente realizou-se uma análise de convergência, que se baseia na criação de três ou mais malhas de elementos finitos, referentes a estruturas principais do NANOSATC-BR2, com diferente número de elementos e, devida a aplicação de determinada carga, se realiza a análise para a confirmação da malha de elementos finitos, que será utilizada nas análises estruturais do satélite. Após a determinação da malha a ser utilizada na estrutura principal do CubeSat efetua-se a modelagem e montagem dos componentes do satélite em software para serem realizadas as análises estáticas e dinâmicas requeridas pelo veículo lançador, no caso o PSLV. O passo seguinte do Projeto é a realização da pós-análise. Esta fase se baseia na análise das tensões e deslocamentos sofridos pelo satélite após aplicação da carga gravitacional imposta quando na ascensão para atingir sua órbita. Com os dados da tensão e deslocamento sofridos no satélite se pode verificar se as margens de segurança do satélite estão de acordo com o permitido pelo material que foi utilizado na construção de cada componente e assim certificar o projeto estrutural do satélite como um todo.

## Análise de Convergência

Nesta etapa do projeto se teve como objetivo encontrar uma malha de elementos finitos para o CuBeSat, que retratasse com segurança o comportamento real do satélite quando submetido as cargas do ambiente de lançamento. Tendo isso em mente e também o fato de que uma malha muito refinada (número exagerado de elementos) levaria a um pós-processamento muito trabalhoso, se realizou a criação de três malhas da estrutura principal do CuBeSat com diferentes quantidades de elementos para se determinar qual malha seria utilizada nas posteriores análises do NANOSATC-BR2.

Desta maneira se realizou a mesma aplicação de carga estática em cada uma destas malhas para se analisar o comportamento de cada uma e definir a malha a ser utilizada. Com isso se realizou várias análises relatando principalmente a diferença entre as tensões e deslocamentos que ocorreram em cada malha. Teoricamente quanto maior o número de elementos da malha, maior deveriam ser as tensões e menores deveriam ser os deslocamentos ocorridos, sendo assim, relatado na análise de convergência da estrutura principal do NANOSATC-BR2. A malha que foi usada para as análises do NANOSATC-BR2 tem um número intermediário de elementos, sendo que a tensão máxima ocorrida nessa malha foi 20 % menor do que a sofrida pela malha de maior número de elementos, porém com a metade do número de elementos.

## Análise Mecânica Estrutural

Após a definição da malha da estrutura principal a ser utilizada nas análises do NANOSATC-BR2 se viu necessário a criação dos demais subsistemas do CuBeSat pelo software modelador em elementos finitos. Para a criação desses subsistemas se utilizou simplificações para diminuir erros durante as análises, desta maneira muitos componentes foram desenhados de forma simplificada, mas levando os seus respectivos pesos e disponibilidades no satélite em conta. A análise estrutural realizada no NANOSATC-BR2 se baseou no pacote de cargas fornecido pelo foguete PSLV à satélites secundários, sendo esse um dos foguetes que foi considerado como possível lançador orbital do CuBeSat. As cargas estáticas utilizadas na análise foram maiores dos que as fornecidas pelo PSLV, para fornecer maior certificação da integridade estrutural do NANOSATC-BR2. A análise modal ainda não foi realizada.

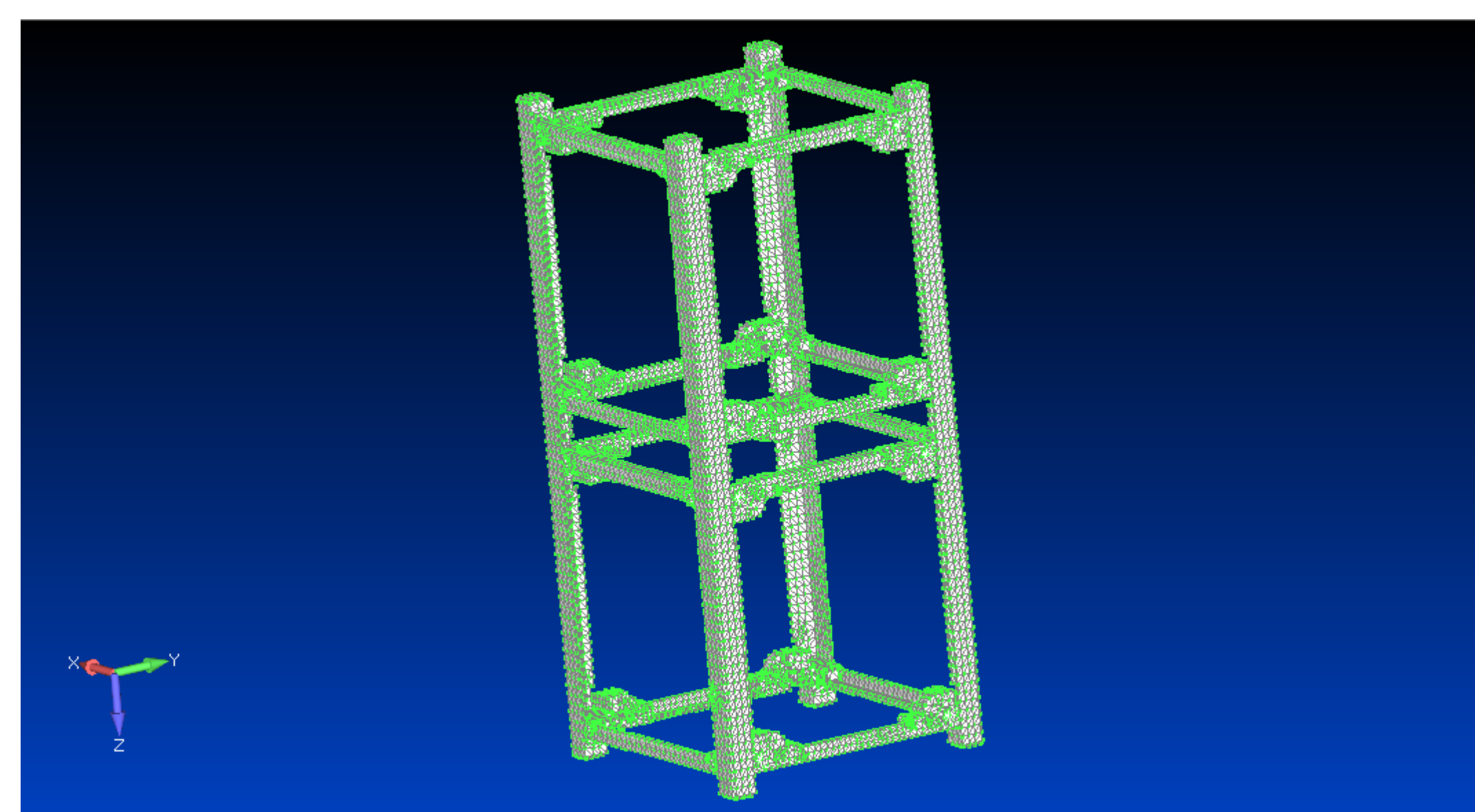


Fig.1 – Malha de Elementos Finitos da Estrutura Principal do CuBeSat NANOSATC-BR2

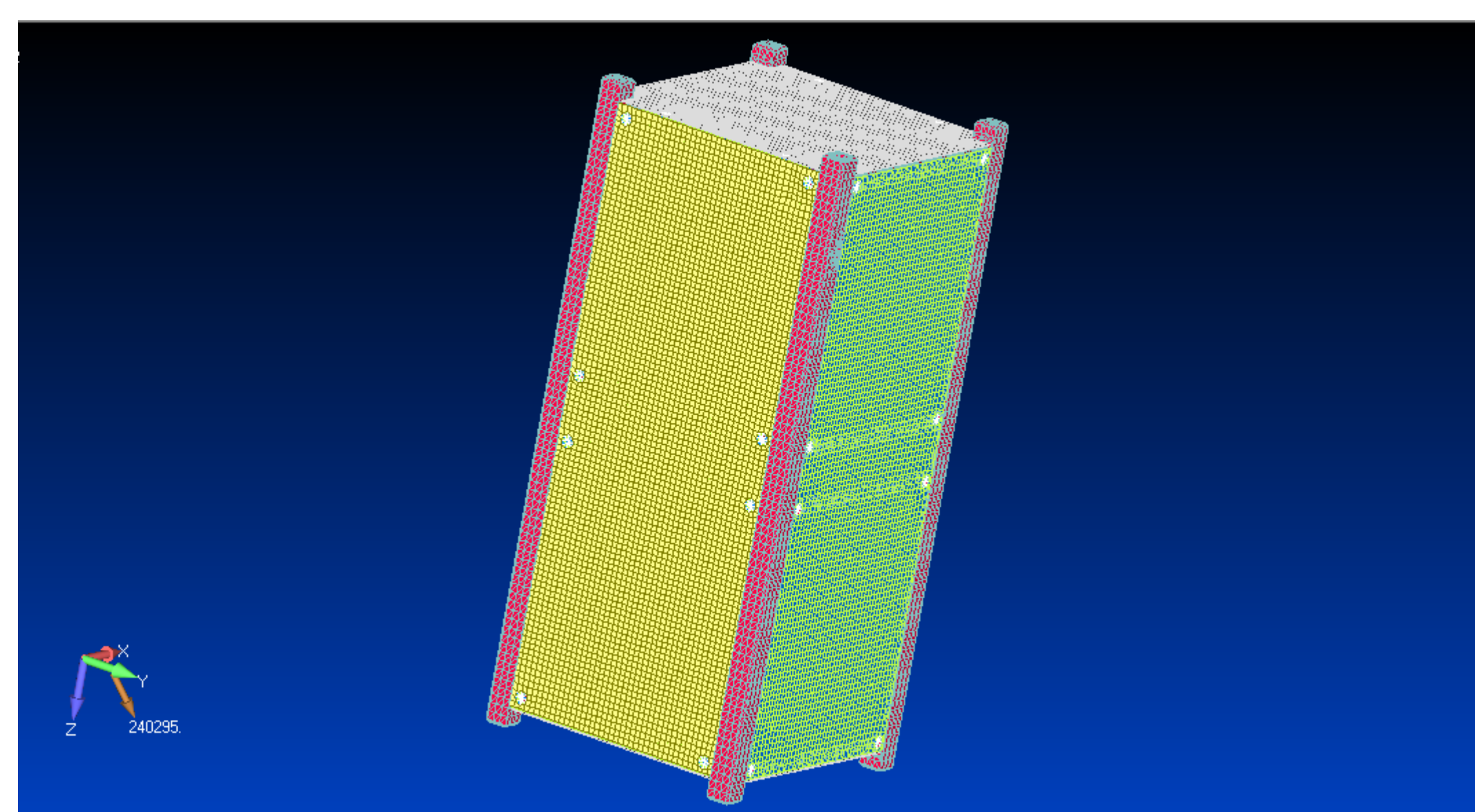


Fig.2 – Modelo matemático completo do NANOSATC-BR2.

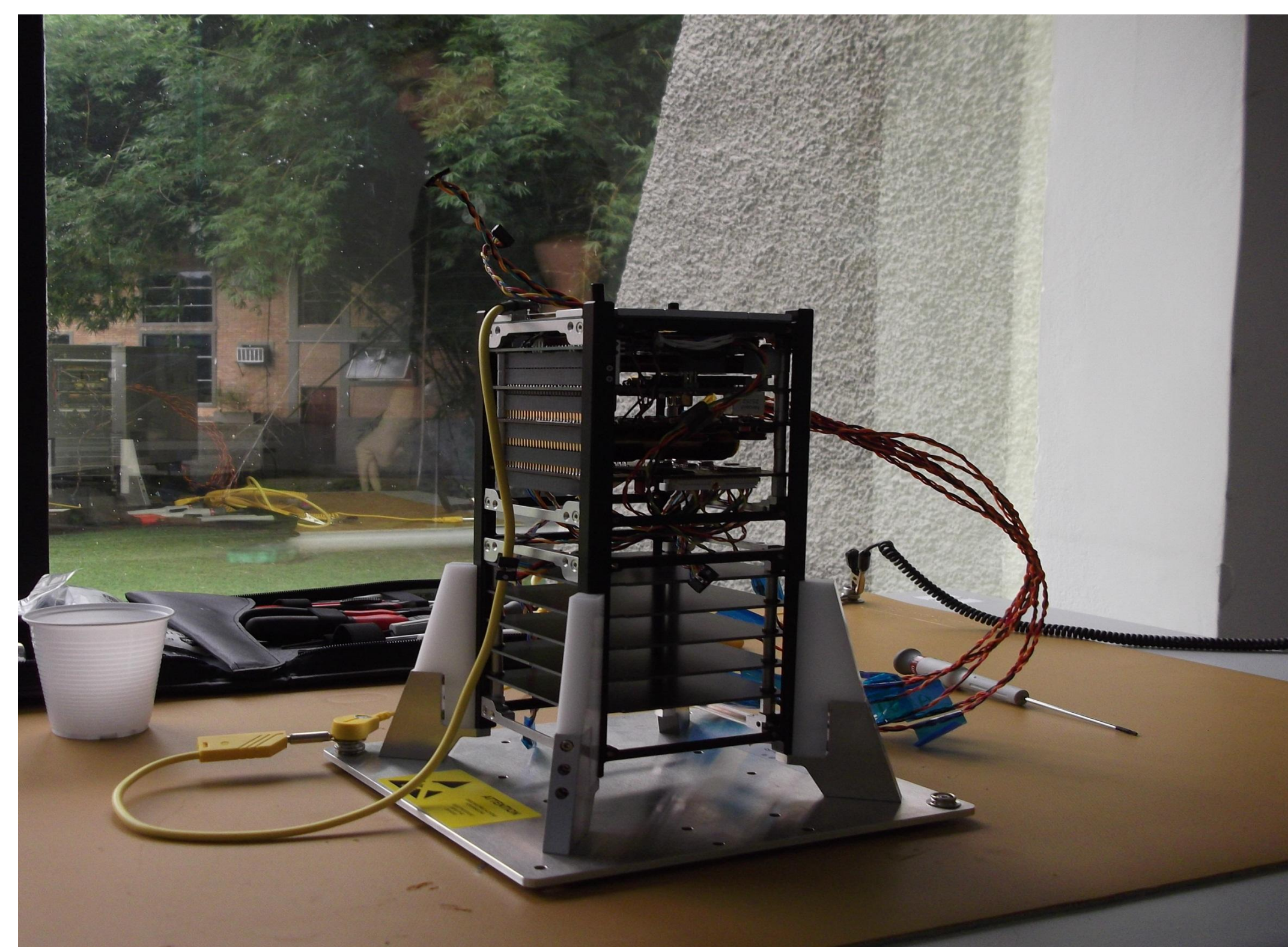


Fig.3 – Modelo de engenharia do NANOSATC-BR2 .

## Pós-Processamento e Resultados

Após a realização da análise estática do NANOSATC-BR2 se deve verificar a integridade de cada componente para a certificação de que decorrendo o lançamento orbital, o satélite continuará operando e cumprirá a sua missão. Para realização dessa fase, se utiliza uma margem de segurança ao qual todos os componentes devem estar com seus coeficientes acima. Desta maneira se assegura que os materiais ao qual cada componente é formado não sofrerá uma tensão muito elevada que poderia ocasionar danos ao componente do CuBeSat. Todos os componentes do satélite permaneceram com coeficiente de segurança maior do que dois, sendo este número recomendado por documentos técnicos relacionados aos matérias que compõem o NANOSATC-BR2.