

*20 de janeiro de 2023*

# **EIUSat**

*Testes de resistência a  
temperatura, vácuo e  
impacto*

*Damyllle C. X. Donati  
Carlos E. B. Corrêa*





# Sumário

<b>Sumário</b>	<b>ii</b>
<b>1 Introdução</b>	<b>2</b>
<b>2 Testes realizados</b>	<b>3</b>
2.1 Teste de resistência ao vácuo . . . . .	3
2.2 Teste de resistência a altas temperaturas . . . . .	6
2.3 Análise numérica de resistência a impacto por aceleração . . . . .	6
<b>3 Conclusão</b>	<b>12</b>
<b>4 Referências Bibliográficas</b>	<b>13</b>



<b>Redigido por</b>	<b>Versão</b>	<b>Resumo de Alterações</b>	<b>Data</b>
D. C. X. Donati	-	Criação do Documento	2023/01/18
D. C. X. Donati C. E. B. Corrêa	A	Lançamento de Versão	2023/01/19

<b>Verificado por</b>	<b>Versão</b>	<b>Comentário</b>	<b>Data</b>
K. V. de Paiva	A	Correções menores	2023/01/20
T. S. Possamai	A	Revisão, correções no texto e ajustes nos gráficos	2023/01/20

<b>Aprovado por</b>	<b>Versão</b>	<b>Comentário</b>	<b>Data</b>
K. V. de Paiva	A	Aprovado	2023/01/20
T. S. Possamai	A	Aprovado	2023/01/20

**Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC**

**Centro Tecnológico de Joinville - CTJ**

**Laboratory of Applications and Research in Space - LARS**

R. Dona Francisca, 8300 - Bloco U - Zona Industrial Norte, 89219-600  
Joinville – Santa Catarina – Tel.: +55 (47) 3461-5900 - [www.joinville.ufsc.br](http://www.joinville.ufsc.br)

LARS-EIUSAT-001 - EIUSAT REPORT	Versão: A	Data: 20 de janeiro de 2023	Página 1 de 13
---------------------------------	-----------	-----------------------------	----------------



# 1 INTRODUÇÃO

Este relatório aborda a aplicação e os resultados obtidos em uma série de testes experimentais e de análises numéricas com objetivo de avaliar um nanossatélite da categoria CanSat - participante da Olimpíada Brasileira de Satélites (OBSAT) desenvolvida pelo Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) - em relação à sua resistência sob as seguintes condições:

- Impacto por aceleração, simulando o *lift off* de um veículo lançador;
- Resistência à baixas pressões, simulando o vácuo baixo a médio de um voo sub-orbital;
- Resistência à altas temperaturas.

O corpo do relatório mostra as informações e resultados mais relevantes, bem como sua discussão. Os testes realizados no satélite da equipe EIUSat foram os seguintes:

- Análise numérica estrutural estática pelo método de elementos finitos para obtenção do estado de tensão e deslocamentos do satélite sob o efeito de uma carga de aceleração brusca;
- Teste em câmara vacuotérmica para estresse do satélite em baixas pressões;
- Teste em câmara vacuotérmica para estresse do satélite em altas temperaturas.

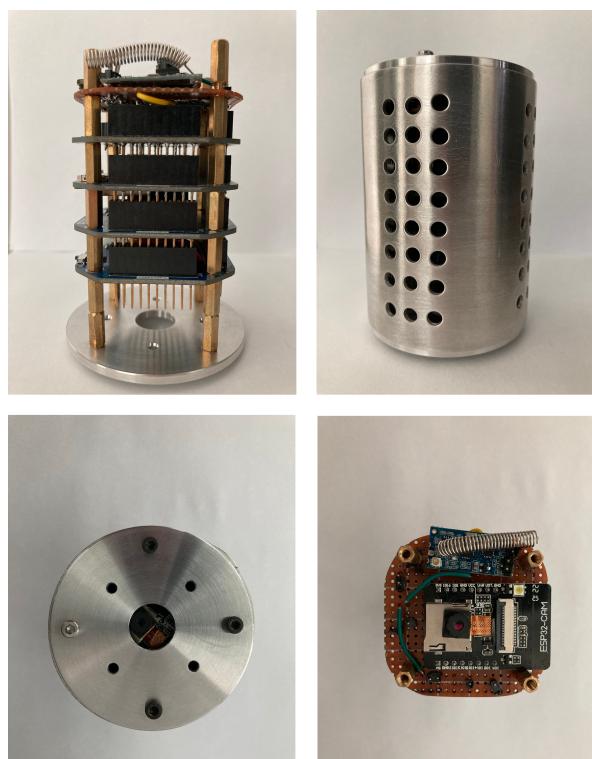


Figura 1: Detalhes do satélite avaliado

LARS-EIUSAT-001 - EIUSAT REPORT	Versão: A	Data: 20 de janeiro de 2023	Página 2 de 13
---------------------------------	-----------	-----------------------------	----------------



## 2 TESTES REALIZADOS

Para fins de comparação de integridade, o satélite foi testado quanto ao seu funcionamento antes e depois da realização de cada teste. Foram avaliados os seguintes pontos:

- Câmera adquirindo imagens e emitindo sinal luminoso acusando funcionamento;
- Sensores adquirindo dados e salvando-os normalmente no cartão de memória;
- Inspeção visual para avarias na carcaça, na estrutura, ou nos componentes.

### 2.1 Teste de resistência ao vácuo

A Fig. 2 mostra o CanSat da equipe EIUSat (deste ponto até o fim do relatório referido apenas como EIUSat), objeto avaliado nos testes realizados e análises.

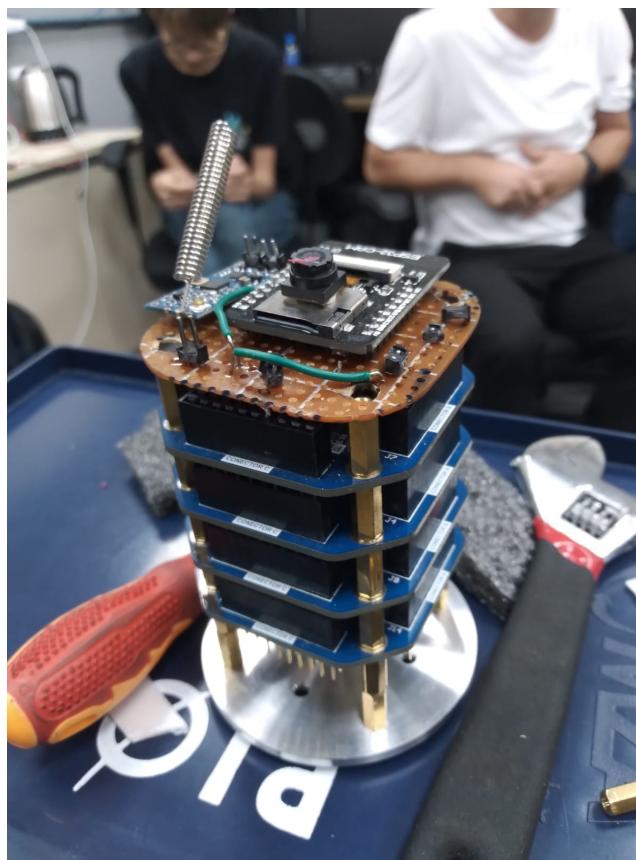


Figura 2: EIUSat

A câmara vacuotérmica em questão tem a capacidade de teste de aproximadamente  $1 \times 10^{-5}$  mbar.

Termopares foram colocados na bateria e na carcaça do satélite para monitoramento de temperatura, bem como na própria câmara.



Após finalizado o procedimento de pré-vácuo (selamento da câmara e aumento da temperatura para eliminação de umidade interna), o satélite foi colocado no interior da câmara e lacrado. A Fig. 3 mostra o EIUSat sendo colocado na câmara vacuotérmica do LARS.



Figura 3: EIUSat em preparação para o teste de vácuo

O teste prosseguiu com a diminuição da pressão interna da câmara até o limite de  $1 \times 10^{-5}$  mbar, passando pela etapa de degasamento do satélite. Após o rompimento da vedação, o satélite foi retirado da câmara e comprovou-se o funcionamento do mesmo no final do teste.

A Fig. 4 mostra as curvas obtidas pelo monitoramento do satélite durante o teste.



### Teste de resistência a Vácuo

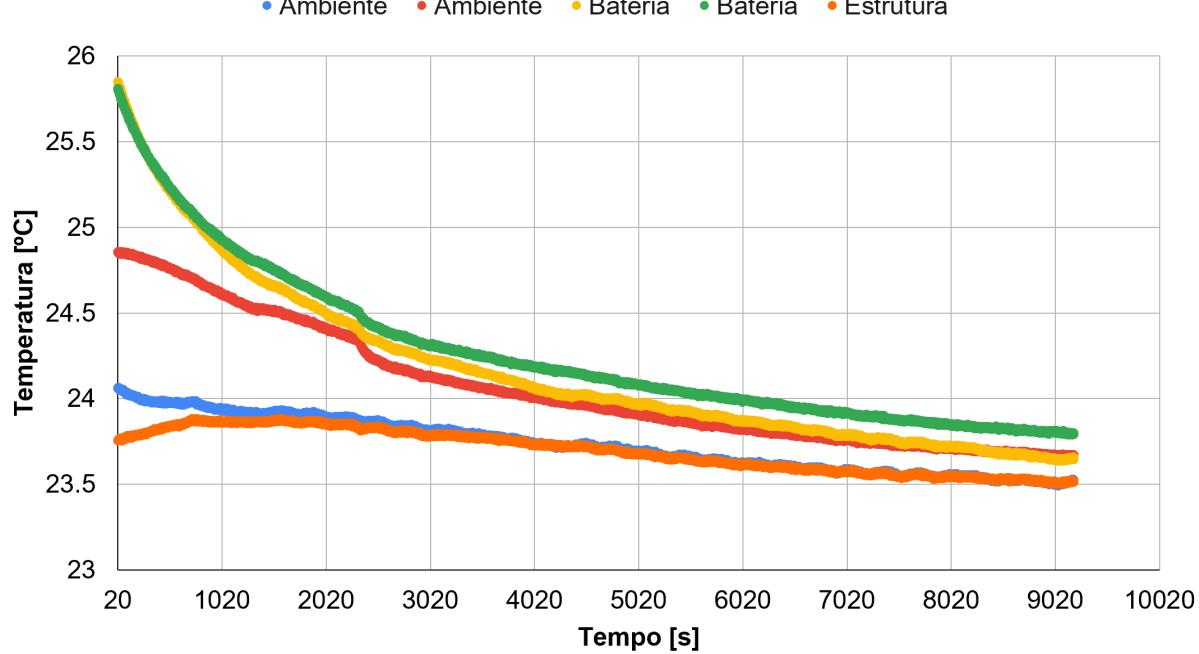
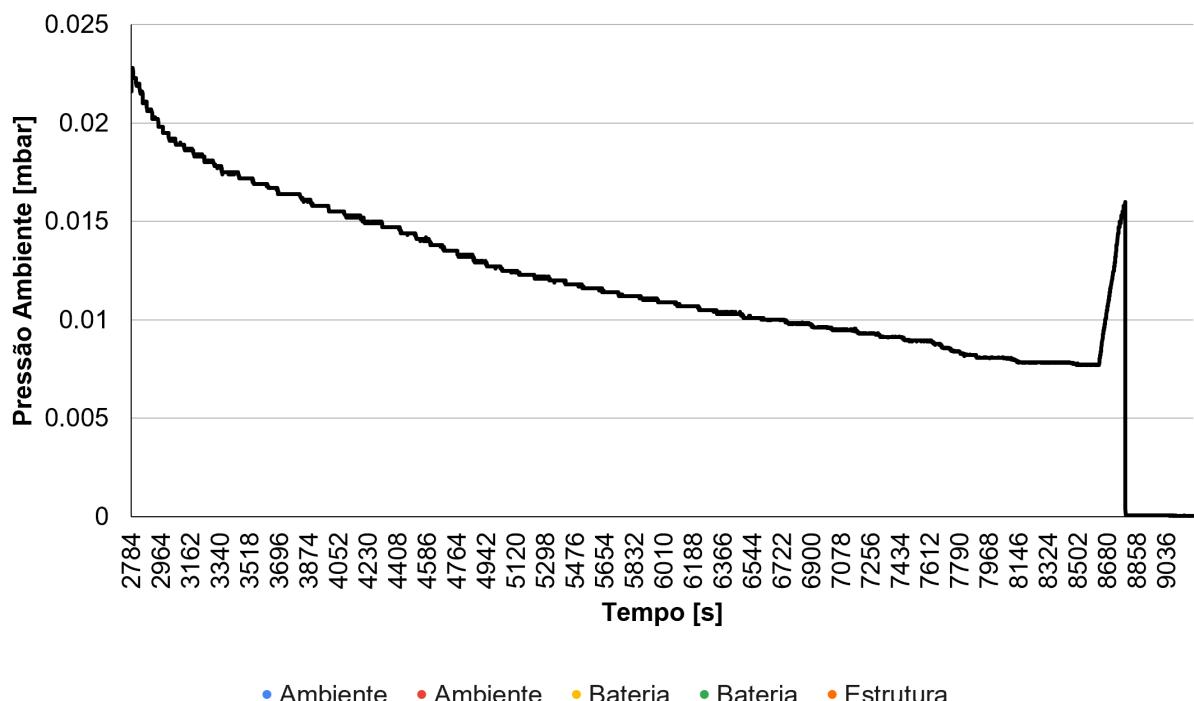


Figura 4: Curvas de temperatura e pressão para o teste de vácuo do EIUSat

No gráfico na pressão, o pico verificado por volta de 8700s deve-se ao momento final de degasamento do satélite. A temperatura sofre a queda verificada no gráfico inferior da Fig. 4 por influência da diminuição de pressão, pois o degasamento do satélite rouba energia do ambiente.



## 2.2 Teste de resistência a altas temperaturas

Após finalizado o teste de funcionamento e após a retirada da do satélite da câmara, os termopares foram recolocados nos mesmos locais (bateria, estrutura e câmara) para monitoramento no teste de temperatura. O teto de temperatura alcançado na estrutura no teste na câmara foi de 70°C.

A Fig. 5 mostra as curvas obtidas pelo monitoramento do satélite durante o teste.

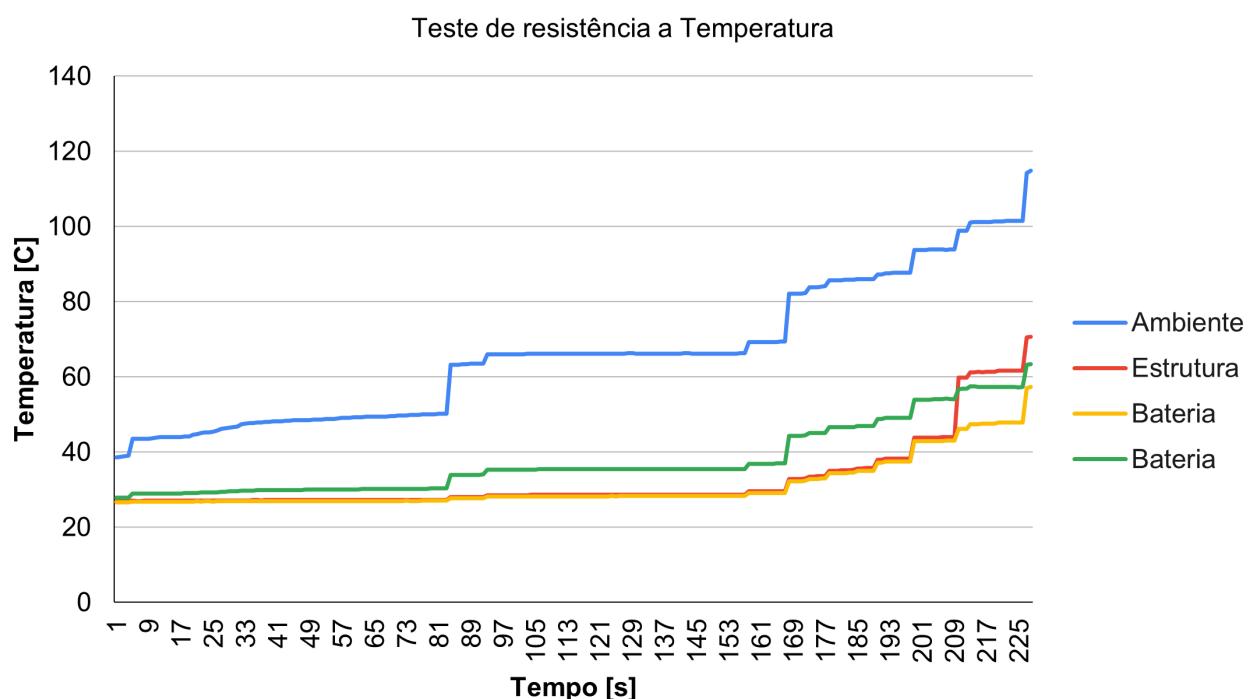


Figura 5: Curvas de temperatura para os pontos de monitoramento do teste de temperatura do EIUSat

Após a inspeção visual, pequenas avarias no módulo feito *in house* pela equipe foram notadas, mas o funcionamento do satélite não demonstrou mudanças. Ambos os módulos de serviço e payload sobreviveram ao teste.

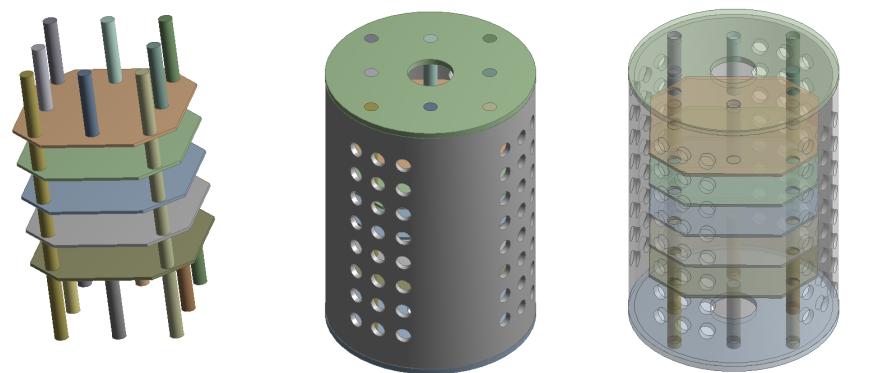
## 2.3 Análise numérica de resistência a impacto por aceleração

Por motivos da escassez de ensaios experimentais não-destrutivos para a determinação da resistência do EIUSat sob carga de aceleração crítica, optou-se por uma análise numérica como abordagem para o referido teste.

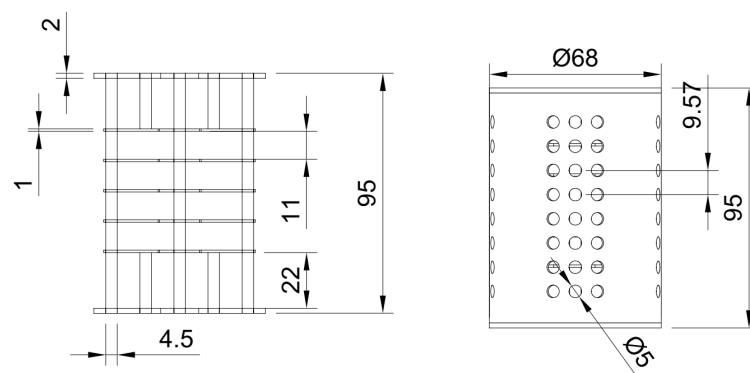
A Fig. 6 mostra o modelo em 3D (Fig. 6-a) e as dimensões principais do satélite da equipe EIUSat (Fig. 6-b), utilizados para a geração de malhas de solução do método de elementos finitos (Fig. 6-c). A carcaça metálica é feita de Al7075, os espaçadores internos são feitos de latão e os módulos são PCB. Simplificações de geometria foram



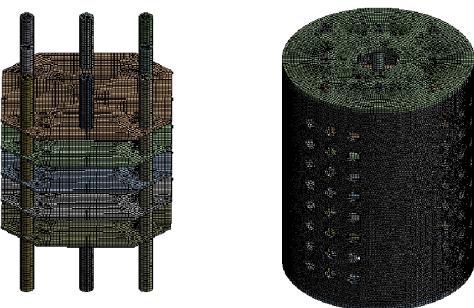
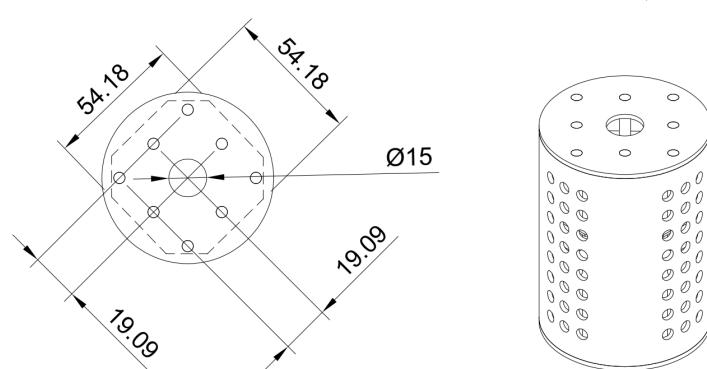
feitas nos fixadores e componentes das placas. A Tab. 1 indica as propriedades mecânicas utilizadas para a análise, onde o módulo de elasticidade é dado por  $E$ , a densidade por  $\rho$ , o coeficiente de poisson por  $\nu$  e a tensão última por  $\sigma_{ult}$ .



(a)



(b)



(c)

Figura 6: Domínio de solução. a) Modelo 3D; b) Dimensões principais (medidas em mm); c) Malha de solução



<b>Material</b>	<b>E</b>	<b><math>\rho</math></b>	<b><math>\nu</math></b>	<b><math>\sigma_{ult}</math></b>
Alumínio 7075 [1]	7,17e+9 [GPa]	2,81 [g/cm <sup>3</sup> ]	0,33	221,0 [MPa]
Latão [2]	1,06e+11 [GPa]	8,49 [g/cm <sup>3</sup> ]	0,318	431,0 [MPa]
PCB [3]	1,7e+10 [GPa]	1910 [kg/m <sup>3</sup> ]	0,39	49,0 [MPa]

Tabela 1: Propriedades mecânicas dos materiais utilizados no modelo numérico

A Fig. 7 mostra a curva de carga aplicada no satélite, dada por uma curva de aceleração de 1G a 30G.

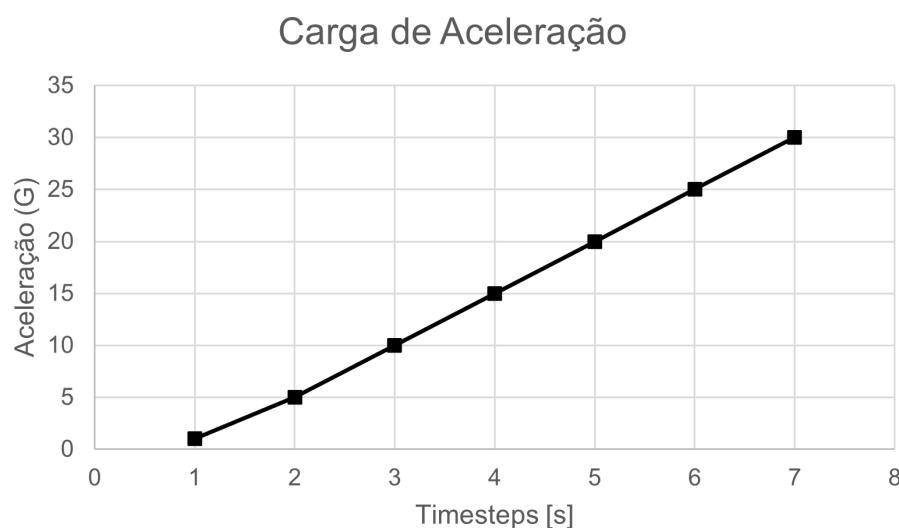


Figura 7: Carga aplicada no satélite

A Fig. 8 ilustra a distribuição de tensão (Fig. 8-a) e de deslocamentos (Fig. 8-b) para cada material utilizado para o caso mais crítico de carga 30G.

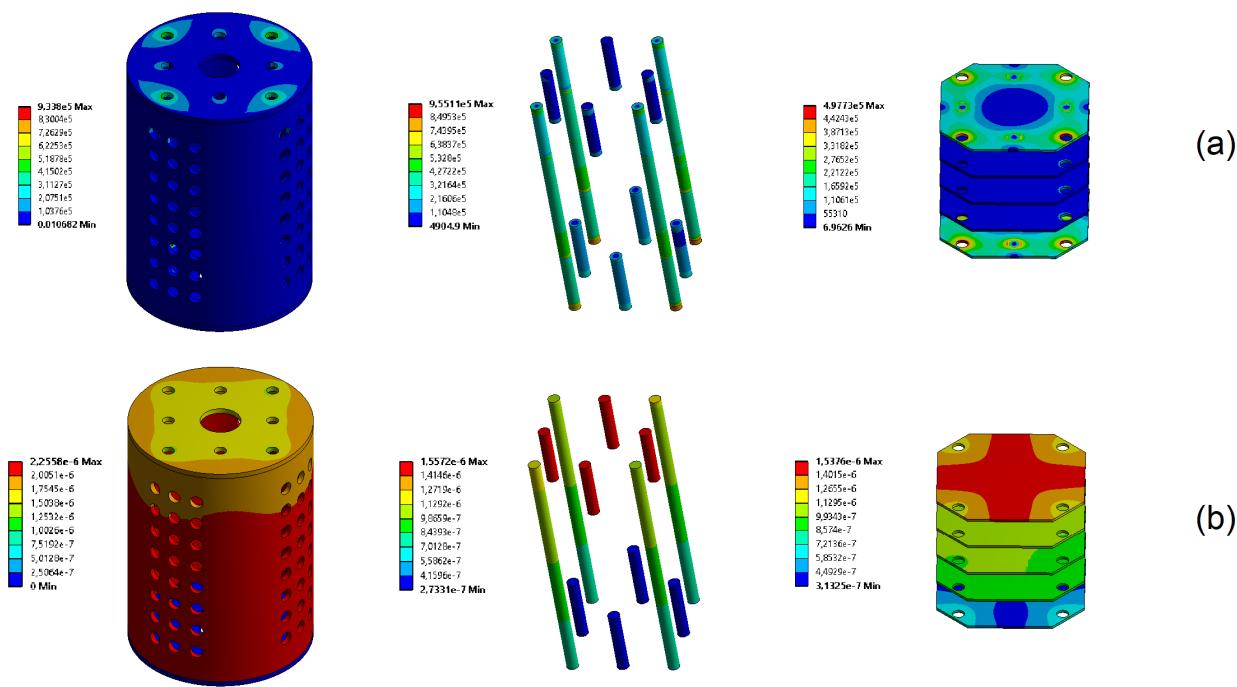


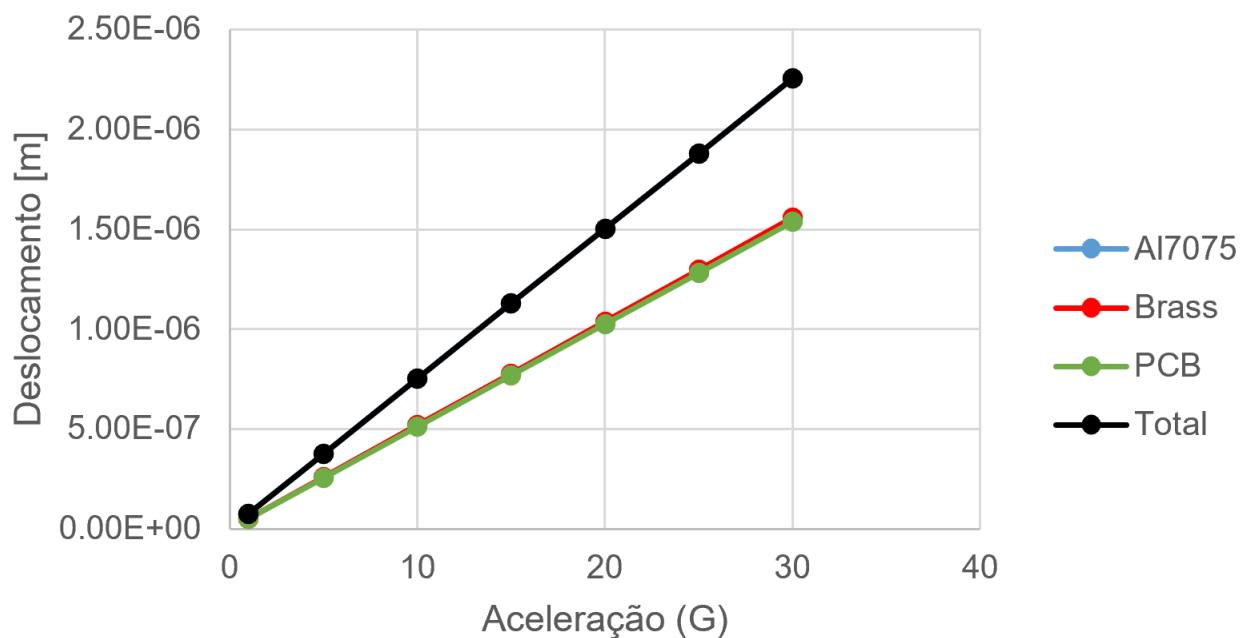
Figura 8: Distribuições para uma carga de 30G. a) Distribuições de tensão, dados em Pa; b) Distribuição de deslocamento, dados em m. Da esquerda para a direita: Carcaça de Al7075, Separadores e fixadores de latão e PCBs.

É possível verificar que há pouca deformação da estrutura e a tensão máxima encontrada após a aplicação da carga não ultrapassa a tensão última do material (Tab. 1). Portanto, é possível considerar que o satélite sobrevive ao impacto de aceleração.

A Fig. 9 ilustra as curvas de deslocamento e tensão equivalente máximos para cada um dos materiais e para a estrutura como um todo.



## Máximo Deslocamento



## Tensão Equivalente Máxima

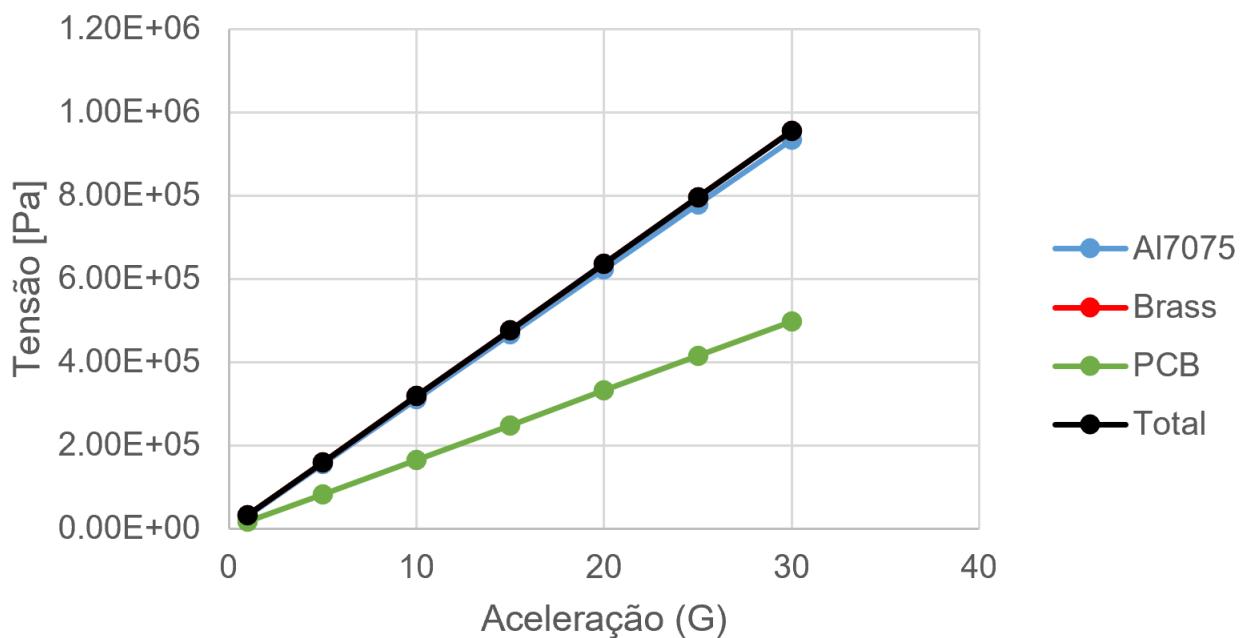


Figura 9: Curvas de deslocamento e tensão equivalente máximos.



### 3 CONCLUSÃO

Ao final dos testes, é possível indicar que o satélite EIUSat manteve sua integridade física e funcional após a solicitação das situações de vácuo, alta temperatura e impacto por aceleração.

Indica-se à equipe a verificação do cabeamento entre módulos para garantir que a comunicação e a aquisição de dados não perca efetividade em situações de baixa pressão. Ainda, recomenda-se a verificação do módulo de payload desenvolvido *in house*.



## 4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] MATWEB - MATERIAL PROPERTY DATA. *Alclad Aluminum 7075-O*. [S.I.], 2023. Available from Internet: <<https://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=7d7d6e4e0bf74145800cae70b5e96314ckck=1>>.
- [2] MATWEB - MATERIAL PROPERTY DATA. *Overview of materials for Brass*. [S.I.], 2023. Available from Internet: <<https://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=d3bd4617903543ada92f4c101c2a20e5>>.
- [3] KALYANI, U. H.; WYLIE, M. *Modal finite element analysis of PCBs and the role of material anisotropy*. [S.I.], 2020.