



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

## **ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE UM RADIADOR DE GRADE COM LÂMPADAS INFRAVERMELHAS PARA USO ESPACIAL**

**RELATÓRIO PARCIAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA  
(PIBIC/CNPq/INPE)**

Boris Dias Custódio Junior (UNIVAP, Bolsista PIBIC/CNPq)  
E-mail: [boris.custodio@lit.inpe.br](mailto:boris.custodio@lit.inpe.br)

José Sérgio de Almeida (LIT/INPE, Orientador)  
E-mail: [jsergio@lit.inpe.br](mailto:jsergio@lit.inpe.br)

### **COLABORADORES**

Dr. Dênio Lemos Panissi (LIT/INPE)  
Dr. Ezio Castejon Garcia (LIT/INPE)  
Dr. Márcio Bueno dos Santos (LIT/INPE)

Junho/2010

## INTRODUÇÃO

O estudo na área espacial, a utilização de satélites, com objetivos que variam desde a coleta de dados de determinadas regiões até a troca instantânea de informação digital, tem sido a principal base ferramental envolvida. Isto requer muitos testes de qualificação para seus dispositivos antes do lançamento, pois os mesmos vão se encontrar em situações extremas durante o lançamento e órbita, como alta vibração, temperaturas e pressões extremas, entre outros fatores.

Com a permanência do satélite em órbita terrestre ou mesmo em trajetória não-orbital, a exposição de suas câmeras e subsistemas à irradiação térmica proveniente da Terra é freqüente e não comparável à irradiação térmica observada na superfície deste planeta. Com isso, o comportamento dos sistemas diferencia-se da situação usual, o que requer um estudo mais aprofundado dos efeitos dessa exposição. Com a trajetória orbital de um satélite de sensoriamento remoto, por exemplo, a exposição das suas câmeras imagiadoras à radiação térmica proveniente da superfície da Terra, tanto na condição de radiação emitida como de albedo, deve ser simulada com precisão, além das trocas de calor com o espaço, na radiação térmica provinda do Sol, e com o próprio interior do satélite.

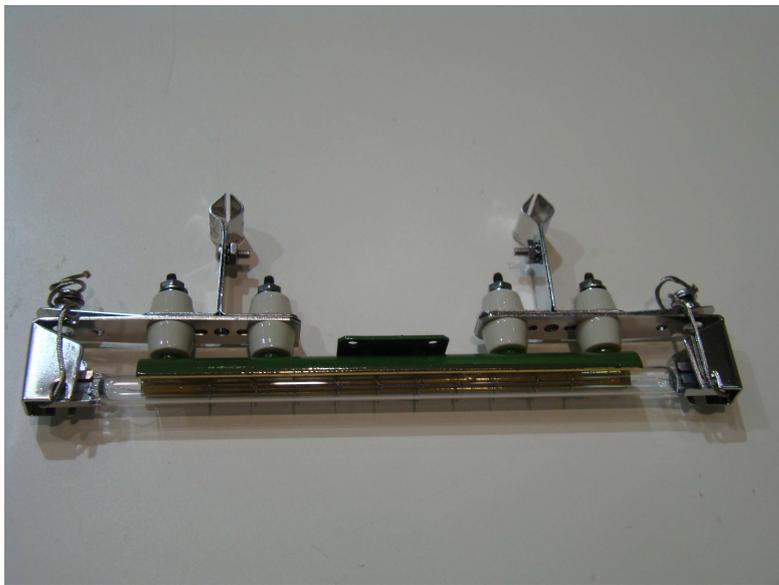
O Laboratório de Integração e Testes (LIT) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) realiza diversos tipos de testes para qualificação destes dispositivos, entre eles está o teste termo-vácuo. Estes testes são realizados em câmaras termo-vácuo, onde o espécime é aquecido e/ou resfriado em vácuo, efetuando ciclagem térmica. Porém, estas câmaras não simulam um gradiente preciso de cargas térmicas no espécime, sendo que este gradiente de temperatura ocorre no mesmo durante a órbita no espaço.

Para tanto, este projeto consiste em desenvolver um dispositivo de aplicação de cargas térmicas para que este gradiente seja possível dentro da câmara termo-vácuo. Anteriormente um dispositivo similar já havia sido desenvolvido, porém utilizando a técnica de resistências tubulares, o dispositivo atual pretende suceder o anterior utilizando uma técnica mais adequada, que se empregue melhor aos requisitos impostos pelas características de simulação espacial.

## Resumo de Atividades

O projeto foi continuado em Março de 2010, onde foi feita a proposta para o melhoramento do experimento anterior, substituindo as resistências tubulares por lâmpadas infravermelhas e posteriormente utiliza-lo para testes na área espacial.

O primeiro passo foi o estudo em busca de uma lâmpada que satisfaça os requisitos do projeto, como grande amplitude térmica, qualificação para vácuo, resistência a choque térmico e um espectro mais próximo ao do Sol. A lâmpada escolhida foi uma do tipo 500T3/CL com filamento de tungstênio da Research Inc., que possui 500 W de potência, 22,4 cm de comprimento, sendo esta uma lâmpada comercial desenvolvida para fins especiais.



**Figura 1 Lâmpada Infravermelha 500T3/CL**

Em abril de 2010, foi feita uma análise do experimento anterior com base no relatório do antigo bolsista. Quase no fim deste período, foi estudado o artigo “ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF ALUMINUM BAFFLE IN THE HEAT FLUX FROM INFRARED LAMP ARRAY”, o qual estuda a absorção de radiação térmica de lâmpadas infravermelhas em uma placa.

Em maio foi verificado que o problema das lâmpadas infravermelhas se encontrava em manter o fluxo térmico uniforme, o que é crucial para o projeto e a aceitação da utilização do aparato nos testes do CBERS. O fluxo térmico gerado por este projeto deve de ser no mínimo de 95%, enquanto no experimento anterior, a uniformidade de fluxo térmico atingida foi de aproximadamente 96%.

Assim como no projeto anterior, o setup inicialmente proposto seria disposto em paralelo, no caso das resistências tubulares, o setup que foi utilizado na versão final foi o de resistências dispostas paralelamente e perpendicularmente, uma vez que este setup, em conjunto com diferentes cargas aplicadas em cada resistência tubular, gerou um fluxo

térmico mais uniforme (os 96% citados acima). Em simulações numéricas realizadas com as lâmpadas infravermelhas utilizando uma caixa (baffle) de alumínio indicam um fluxo térmico melhor nas bordas da superfície estudada do que sem a utilização da mesma, porém isto ainda não foi verificado experimentalmente.

Antes do laboratório abrigar os testes do modelo de vôo dos painéis solares do satélite SAC-D/Aquarius, foram feitos novos termopares para os testes e também feito um mapeamento dos termopares já existentes na câmara vácuo térmica onde os painéis seriam testados. Após o mapeamento, os termopares foram retificados e inspecionados novamente.



**Figura 2** Termopares na câmara 3x3 a serem instalados no painel solar

Do fim de maio até meados de junho, foi feito um acompanhamento nos testes vácuo-térmicos do modelo de voo dos painéis solares do satélite SAC-D/Aquarius, onde foram feitas inspeções visuais periódicas diversas, operação da própria câmara vácuo-térmica. Isso se fez necessário tendo em vista que o aparato será utilizado em testes deste tipo, simulando um eclipse da terra com o Sol enquanto o satélite se encontra em órbita, onde há formação de um gradiente de temperatura enorme no espécime.



**Figura 3** Teste vácuo-térmico no painel solar do satélite SAC-D/Aquarius

Após isto, o próximo passo é formular um novo modelo experimental, definindo a quantidade exata de lâmpadas a ser utilizada no dispositivo, qualificar este modelo após os testes e validar os resultados obtidos.

Assim então, continuar desenvolvendo o projeto, simulando arranjos com as lâmpadas com a finalidade de encontrar um setup que satisfaça a norma (95% de uniformidade no fluxo térmico) para que o dispositivo tenha o mesmo sucesso do antecessor e possa ser utilizado nos testes das próximas séries do CBERS.

## Conclusão

É possível concluir até o presente momento que o dispositivo proposto no projeto possui boa expectativa de bom funcionamento em simulações espaciais, considerando que o antecessor foi bem sucedido e que o novo possui algumas vantagens, como o espectro mais próximo ao do Sol. Este dispositivo é sério candidato a ser utilizado em testes reais após sua conclusão, tendo em vista que estas simulações são cruciais para um bom aproveitamento dos componentes e até mesmo de um satélite inteiro em situações reais.

## Referências

- Santos, M. B., Garcia, E.C, First Steps of The Infrared Simulation Development By Tungsten Filament Lamps, Cobem2005, Ouro Preto, 2005.
- Vasconcelos, H. P., Garcia, E. C., Pontes, E. O., Panissi, D. L., “Analysis of The Influence of Aluminum Baffle in The Heat Flux From Infrared Lamp Array”, 11th Brazilian Congress of Thermal Sciences and Engineering, ENCIT 2006 Braz. Soc. of Mechanical Sciences and Engineering, ABCM, Curitiba, Brazil, - Dec. 5-8, 2006.