



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

INPE-12332-PRP/246

CONCEITO DE FACILIDADE MULTIUSO (FMU) PARA A ESTAÇÃO ESPACIAL INTERNACIONAL

Otávio Luiz Bogossian
Luís Antônio Waack Bambace

Desenvolvimento realizado através do convênio 028/2000 firmado entre a Academia Brasileira de Ciências (ABC) e a Agência Espacial Brasileira (AEB) com a participação do INPE e Univap.

Publicação Interna – Sua distribuição ao público externo está sujeita à autorização da chefia

INPE
São José dos Campos
2005

(página em branco)

RESUMO

O projeto da Estação Espacial Internacional estabeleceu dois níveis de experimentos padronizados na área pressurizada, um para experimentos de grande porte e um outro para os de menor porte. O primeiro caso é constituído de um ou mais gabinetes e o segundo de um ou mais compartimentos expressos, que são subdivisões do primeiro.

O Brasil, por ter limitados recursos de transporte de experimentos, decidiu fixar uma infra-estrutura padrão neste compartimento, fornecendo com isto um maior número de serviços e implementando uma estrutura modular que permitirá compartilhar os recursos de um compartimento entre 8 experimentos menores. Estes experimentos serão mais simples uma vez que utilizarão os serviços da infra-estrutura padrão, infra-estrutura esta que não impõe nenhuma restrição quanto ao campo de aplicação. Dentro desta infra-estrutura, poderão existir experimentos dedicados a um determinado campo de aplicação e, neste caso, somente serão trocadas as amostras a cada novo vôo que chegue à estação, reduzindo a carga transportada e simplificando os experimentos, uma vez que ficarão reduzidos praticamente às amostras e itens específicos como sensores.

Este documento descreve uma concepção desse equipamento denominado Facilidade Multiuso. Esta concepção foi fruto de um estudo realizado pela Univap em 2001 como parte integrante de um convênio entre a *Agência Espacial Brasileira* e a *Academia Brasileira de Ciências*, tendo esta concepção contado com o apoio do INPE. Este documento descreve os objetivos, requisitos e principais características do equipamento.

(página em branco)

ABSTRACT

The International Space Station (ISS) project has defined two levels of standard experiment equipment size in the pressurized area, one for large experiments and the other for the small ones. The first one is composed by one or more *Racks*. The second one is composed of one or more *Lockers*, with the last as a sub-division of the first one.

Considering that Brazil has a small amount of mass transport rights to the ISS, it was decided to keep in the ISS a basic standard infrastructure in one *Locker*. It will provide services and a modular structure to share its resources with up to eight small experiments. These experiments will be lighter and simpler, taking into account that they will use the services provided by the infrastructure. This solution covers a large field of applications and do not impose more stringent constrains than those imposed by the shared ISS Locker available resources. One or more possible experiments could be oriented to a specific field of application. This kind of experiment shall implement only the functions not provided by the infrastructure and shall be conceived to be used several times by changing only the sample object of the study. This utilization strategy will reduce the amount of transported mass and will simplify the experiments that will reduce, in practice, to the samples and some specific items like sensors.

This document describes the concept of this infrastructure named Multi-Use Facility (FMU). This concept is a result of a study conducted by the Vale do Paraíba University (Brazil, SP) in 2001 as part of an agreement between the Brazilian Space Agency (AEB) and the Brazilian Academy of Science (ABC) with INPE's technical support. This document describes the equipment objectives, requirements and main technical characteristics.

(página em branco)

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	OBJETIVOS	1
2.1.	Simplificação dos Experimentos	1
2.2.	Transporte de Experimentos	1
2.3.	Campos de Aplicação	2
3.	CONCEITO PROPOSTO	3
3.1.	Requisitos	3
3.2.	Princípio da Modularidade	3
3.3.	Bandejas e Fixação de Experimentos	5
3.4.	Conexões	5
3.5.	Empacotamento Eletrônico	5
3.6.	Controle Térmico	6
3.7.	Dimensões dos Experimentos	7
3.8.	Sistema de Alimentação	7
3.9.	Sistema de Processamento	8
4.	CONCLUSÕES	8
5.	GLOSSÁRIO E REFERÊNCIAS	9

(página em branco)

1. INTRODUÇÃO

A Estação Espacial Internacional (EEI), como um grande laboratório espacial, colocará à disposição do Brasil o ambiente de microgravidade para experimentos de longa duração, abrindo ao País um novo campo para pesquisas científicas e tecnológicas. Este novo campo nos habilita, prioritariamente dentro da área pressurizada da EEI, a desenvolver centenas de aplicações nos mais diversos campos de aplicação, sendo alguns destes os seguintes:

- desenvolver novos materiais, componentes e processos;
- estudar seres vivos tais como animais, plantas, tecidos celulares, bactérias, novas variedades de raças e híbridos e modificados geneticamente;
- estudar e desenvolver novas drogas que impeçam ou eliminem doenças.

Objetivando padronizar os experimentos da área pressurizada, o projeto da EEI estabeleceu dois níveis de experimentos, um para experimentos de grande porte e um outro para os de menor porte. O primeiro caso é constituído de um ou mais gabinetes (ISPR na nomenclatura da EEI) e o segundo de um ou mais compartimentos expressos (Locker na nomenclatura da EEI ou Middeck Locker – MDL na nomenclatura do Ônibus Espacial). O primeiro recebe uma estrutura de modularização passando a ser chamado de gabinete expresso (Express Rack na nomenclatura da EEI) ao receber uma estrutura que o subdivide em módulos padrões menores (sub-gabinetes) para viabilizar experimentos menores [1].

Este documento descreve uma concepção de um equipamento embarcado ao nível de compartimento expresso que constituirá a infra-estrutura básica das pesquisas realizadas no ambiente de microgravidade da EEI. Esta concepção foi fruto de um estudo realizado pela Univap em 2001 [2, 3] como parte integrante de um convênio entre a *Agência Espacial Brasileira* e a *Academia Brasileira de Ciências*, tendo esta concepção contado com o apoio do INPE. Este documento descreve os objetivos, requisitos e principais características deste equipamento.

2. OBJETIVOS

2.1. Simplificação dos Experimentos

Os requisitos de segurança de voo de veículos e plataformas não tripuladas são relativamente exigentes quanto à demonstração da capacidade de experimentos suportarem o transporte (lançamento) e operação no espaço, além de comprovarem que não afetam a operação de outros experimentos que compartilhem o mesmo veículo ou plataforma. Nos veículos tripulados (caso do ônibus espacial americano e da EEI), estas exigências são ainda maiores, uma vez que a segurança dos astronautas exige uma redução significativa dos riscos. Estes fatores aumentam significativamente a complexidade e conseqüentemente o custo de desenvolvimento dos experimentos. Também exigem na fase de desenvolvimento dos experimentos recursos humanos especializados em projetos espaciais e portanto com um perfil multidisciplinar. Assim, torna-se necessária uma *Equipe de Desenvolvimento* complementando a *Equipe de Pesquisa*. A solução proposta objetiva a simplificação dos experimentos pela padronização e utilização recorrente, reduzindo desta forma o impacto em custo e pessoal nos experimentos.

2.2. Transporte de Experimentos

O Brasil, por ter um envolvimento reduzido na EEI, tem um acesso muito limitado aos recursos técnicos da estação. Os principais recursos técnicos aqui considerados são, entre outros, a massa transportada pelo ônibus espacial (referente aos experimentos), o número de compartimentos expressos-ano disponíveis, a energia disponível a bordo, o tempo de

astronauta para operação dos experimentos e os dados transmitidos para o solo. Um dos recursos que deve e pode ser otimizado é a massa dos experimentos transportados. A solução proposta deve minimizar o número de vezes que equipamentos completos, ou seus subsistemas, são transportados para a EEI. Deve-se, na medida do possível, transportar apenas as amostras e seus meios de contenção. Desta forma uma parte significativa do experimento permanecerá a bordo.

2.3. Campos de Aplicação

O campo de pesquisa em aplicações em microgravidade é muito vasto e com grande potencial de retorno para a sociedade, em inúmeras áreas. Assim, a despeito de ter recursos técnicos limitados, o Brasil não deve limitar, o uso científico da estação a apenas algumas áreas de pesquisa. Deve sim ampliar ao máximo o número de setores beneficiados por esta participação.

Alguns países participantes do projeto da EEI desenvolveram equipamentos dedicados a uma única área de aplicação, como o crescimento de cristais de proteínas (Figura 1), ou laboratórios de suporte ao desenvolvimento de materiais (Figura 2).

Estes são itens que permanecem na EEI para minimizar a necessidade transporte. Soluções como estas se aplicam a países que tenham recursos suficientes para contemplar vários campos de aplicação com equipamentos dedicados.

A solução aqui proposta, além de atender aos outros objetivos estabelecidos, não limita o campo de aplicação, permitindo que uma parte do equipamento seja trocada para mudar o campo de pesquisa a ser explorado.



Fig. 1: Facilidade para crescimento de cristais de proteínas (LOCKER).

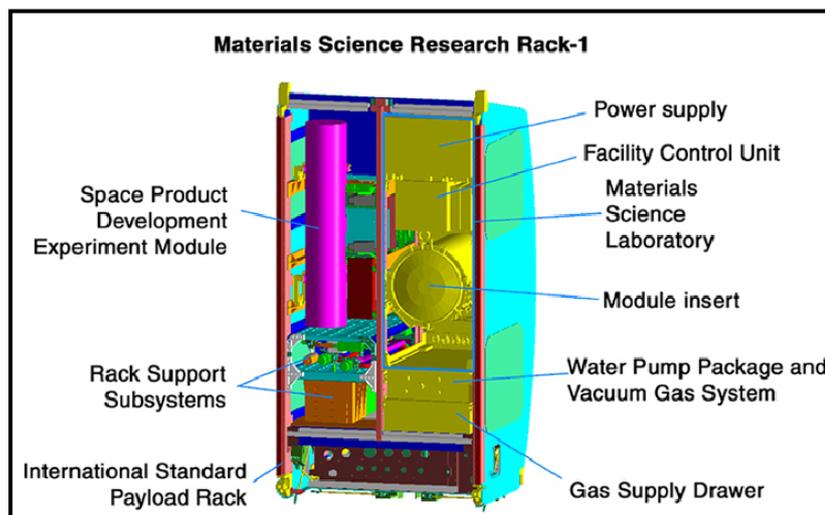


Fig. 2: Facilidade de Pesquisa em Ciências dos Materiais (ISPR).

3. CONCEITO PROPOSTO

Para atender aos objetivos estabelecidos é aqui proposto o desenvolvimento de uma *Facilidade* do porte de um compartimento expresso (440 x 253 x 516 mm) capaz de atender simultaneamente a múltiplos experimentos de vários tamanhos, através do desenvolvimento de uma estrutura modular interna que implemente a modularidade e a flexibilidade de uso do volume disponível.

O uso de um compartimento expresso como tamanho máximo toma como premissa a limitada disponibilidade dos recursos técnicos pelo Brasil e orienta a política de uso à distribuição no tempo ao invés da concentração de uso dos recursos (ou seja vários anos com um Locker ao invés de poucos anos com vários Lockers), garantindo assim continuidade nas pesquisas.

3.1. Requisitos

Objetivando orientar a concepção da *Facilidade*, foi elaborado um conjunto de requisitos que são apresentados no Anexo 1. Os requisitos estabelecem os serviços a serem providos para os experimentos, que são os seguintes:

- Alimentação elétrica com algumas tensões reguladas;
- Aquisição de dados analógicos e digitais;
- Comandos analógicos e digitais (locais ou remotos);
- Controle térmico primário;
- Tratamento primário de dados (filtragem ou compactação);
- Processamento em tempo real para controle dos experimentos;
- Transmissão de dados para Terra ou armazenamento em mídia;
- Interface com o astronauta.

3.2. Princípio da Modularidade

Objetivando reduzir a massa transportada sem limitar excessivamente os campos de aplicação, uma infra-estrutura fixa, modular e comum a vários campos de aplicação deverá ser desenvolvida, separando as funções básicas dos serviços de apoio das funções específicas. Desta forma vários experimentos irão compartilhar de uma forma otimizada os recursos colocados à sua disposição, reduzindo o tamanho, a complexidade, e a massa transportada de cada experimento.

A infra-estrutura provida, denominada de *Facilidade Multiuso* (FMU), proverá as interfaces mecânica, térmica, elétrica e de comunicação com o *Gabinete Expresso*. Suprirá, além das interfaces, serviços como aquisição de dados, regulação de tensão, temporização, capacidade computacional e interface com o astronauta. Através de sua modularidade permitirá a execução simultânea de mais de um experimento.

Esta modularidade deverá dividir o volume disponível em volumes padrão denominados células. Os experimentos deverão ocupar um número inteiro destas células. A concepção proposta considera 8 (oito) células de forma a permitir que experimentos relativamente pequenos possam ser executados.

Para atender aos requisitos específicos de um campo de aplicação os experimentos deverão ser desenvolvidos como Facilidades de Uso Específico (FUS), aproveitando ao máximo os recursos postos à disposição pela FMU, e devendo prever a colocação de amostras que serão utilizadas na experiência em seu interior.

Exemplos de FUS seriam uma incubadora de cristais de proteína, um forno para experimentos com materiais semicondutores, etc. As FUS deverão ser concebidas ocupando múltiplas células.

Experimentos Independentes (EI) concebidos especificamente para uma única experiência, também poderão ser integrados na FMU, desde que suas características mecânicas e eletro-eletrônica sejam compatíveis. A Figura 3 mostra este conceito de modularidade da FMU, incorporando FUS e EI's.

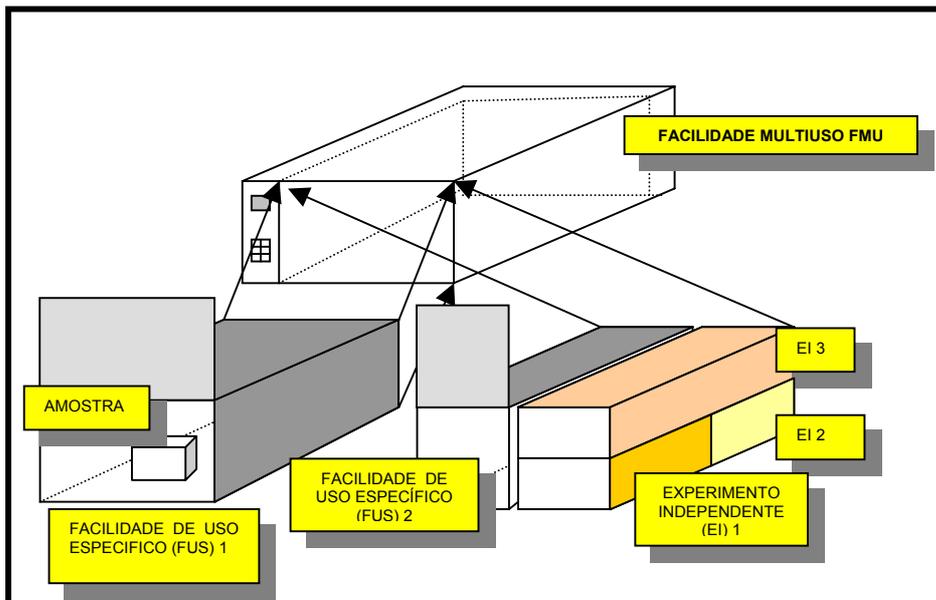


Fig. 3: Conceito da Modularidade da FMU.

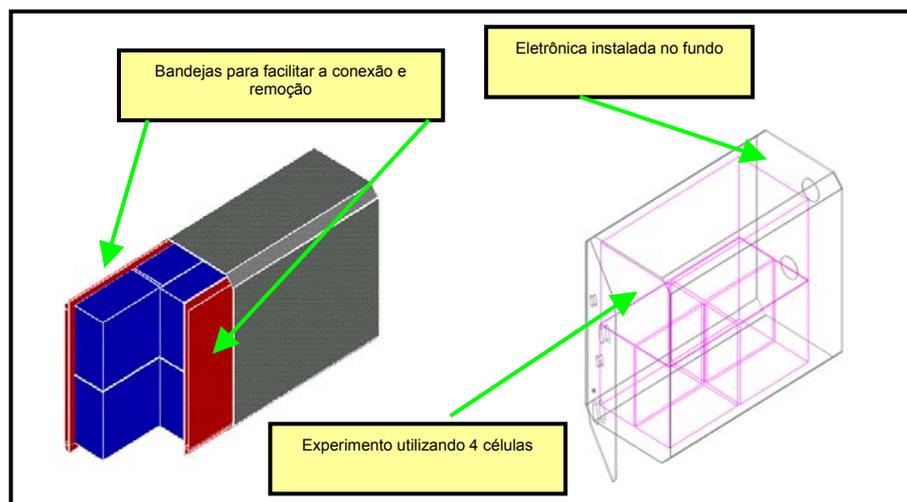


Fig. 4: Arquitetura proposta.

na EEI, havendo trocas somente de amostras ou insertos.

A concepção proposta utiliza bandejas para facilitar o acesso aos experimentos, permitindo de forma simplificada a fixação e remoção destes, conforme mostra a Figura 4. No fundo do equipamento está situada a eletrônica que implementa as diversas funções e a interface com o Gabinete Expresso. Pode-se observar as 8 células representando o número máximo de experimentos que podem ser fixados nas bandejas. Experimentos maiores podem ser integrados à FMU utilizando duas ou mais células. Pode-se observar nessa mesma figura à

As próprias FUS poderão ter insertos internos com instrumentação específica para uma experiência particular ou implementarem recursos extras ou maior precisão que a oferecida pela FMU.

A instalação e remoção das FUS, dos EI e dos diversos insertos e amostras não devem requerer um tempo de instalação e remoção elevados uma, vez que o tempo de astronautas é um recurso muito limitado.

Visando reduzir o transporte de massa, as FUS pesadas (ocupando todas ou quase todas as células da FMU) deverão permanecer por um tempo significativo

direita um experimento que ocupa 4 células. A interface homem-máquina não é mostrada nesta figura, mas poderá ser colocada na tampa do equipamento e se constituirá de um pequeno teclado e display alfanumérico.

3.3. Bandejas e Fixação de Experimentos

Detalhes das duas bandejas de fixação de experimentos podem ser vistos na Figura 5. Na concepção proposta existem sulcos nas bandejas (não indicados na Figura 5) nos quais serão fixados os pés dos experimentos (FUS ou EI's). Após a introdução dos pés nos sulcos, uma trava existente nos experimentos não permitirá que o equipamento seja retirado. Este princípio simples de fixação toma como premissa que os experimentos serão trocados com frequência e que a remoção e a inserção devem ser as mais simples possíveis. Para o transporte inicial da FMU podem ser incorporados experimentos no seu interior e para este caso uma fixação específica para o lançamento deve ser desenvolvida e removida durante a sua instalação na EEI.

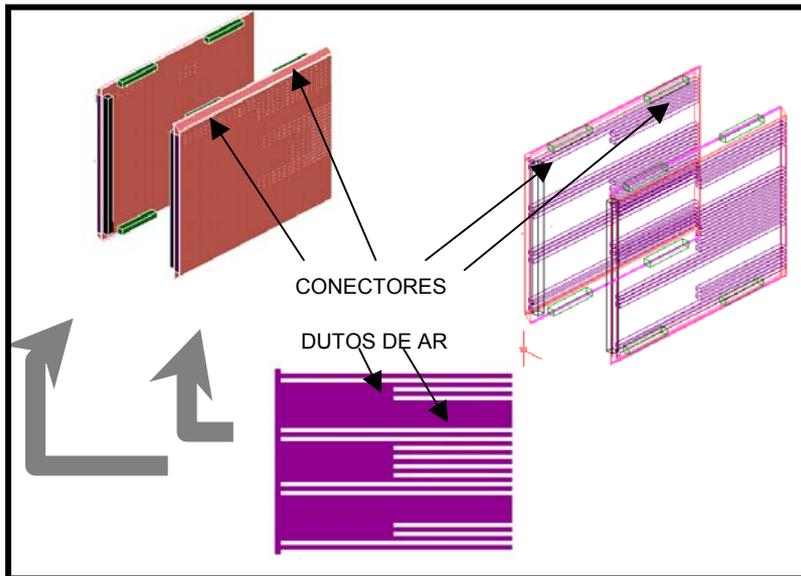


Fig. 5: Bandejas de fixação de Experimentos.

3.4. Conexões

Cada bandeja conterá 4 conectores (de energia e de dados), permitindo fixar até 4 experimentos por bandeja (Figura 5). Estes conectores são situados nas duas bordas laterais das bandejas (próximo dos trilhos). Cada bandeja será interligada à eletrônica instalada no fundo através de 2 conectores que objetivam transmitir dados e fornecer energia (Figura 6). A bandeja conterá no seu interior as trilhas de circuito impresso necessárias para interligar os conectores da eletrônica do fundo com os conectores de experimento. Não estão sendo consideradas conexões de rede, vídeo, vácuo ou gases entre a bandeja e os experimentos. Estas deverão ser feitas diretamente pela frente do experimento.

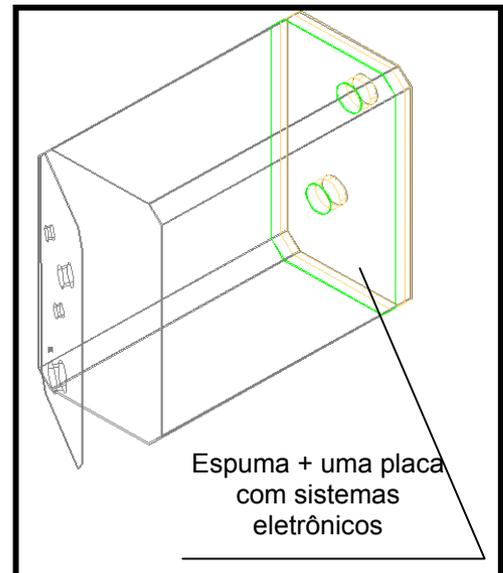


Fig. 6: Placas eletrônicas com os orifícios para condução de ar e a espuma.

3.5. Empacotamento Eletrônico

Com o objetivo simplificar a eletrônica do ponto de vista mecânico, as placas eletrônicas mostradas na Figura 6 terão o espaço entre elas preenchido com espuma com o objetivo de assegurar a rigidez estrutural do conjunto. Esta mesma espuma deverá conter dutos que permitirão a troca térmica durante a utilização do equipamento na EEI. Esta mesma espuma deve poder ser removida para manutenção (troca) das placas.

3.6. Controle Térmico

As bandejas (Figura 5) terão dutos internos independentes com ventilação forçada para a remoção de calor de cada um dos experimentos a ela fixados. O ar de alimentação corre pelas ranhuras das bordas das placas e retorna pelas do centro. Esta configuração favorece o isolamento térmico requerido pelas especificações do compartimento.

Através de fendas de tamanhos pré-estabelecidos, cada FUS ou EI definirá a área necessária para estabelecer o fluxo requerido para controlar, de forma passiva, a temperatura. Como o ar passa por outras fontes de calor do próprio gabinete, não se tem controle sobre a temperatura inicial do ar, devendo portanto cada experimento implementar seu próprio controle térmico fino, se forem requeridas faixas muito estreitas de temperatura.

A Figura 7 mostra a entrada e saída de ar do compartimento. A Figura 8 mostra a conexão entre estas entradas e saídas e os dutos das bandejas, passando por orifícios no interior da placas de circuito impresso do fundo.

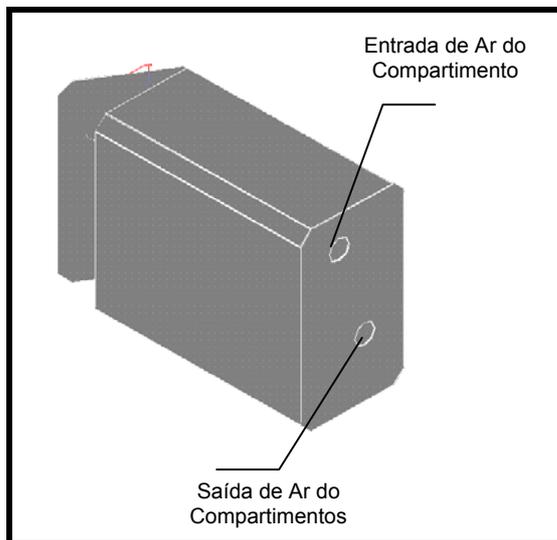


Fig. 7: Entrada e saída de ar do compartimento expresso.

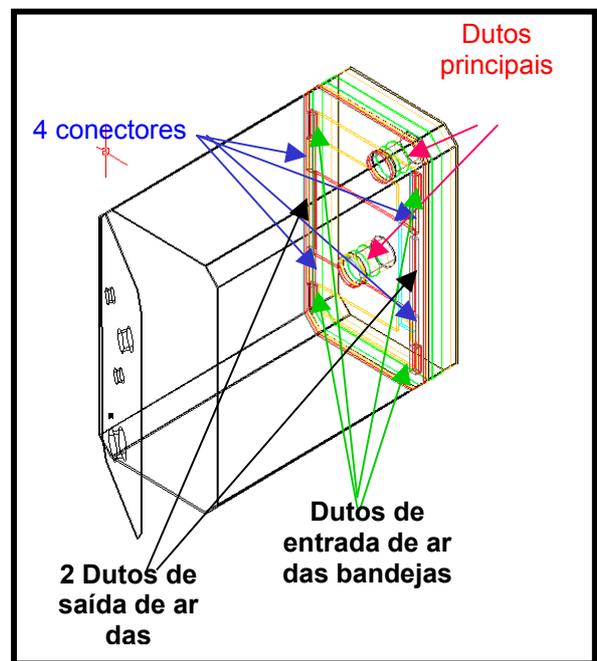


Fig. 8: Conexão de dutos externos aos dutos das bandejas.

A Figura 9 mostra em vermelho um separador entre os compartimentos de eletrônica e de experimentos. No espaço entre o separador e a última placa são colocadas convenientemente zonas de espuma para dirigir o fluxo de ar. As barras horizontais na figura delimitam três cavidades. Uma central de retirada do ar e duas laterais para alimentação. As duas últimas são interligadas por um duto. Aberturas no separador permitem que os dutos das bandejas sejam interligadas às cavidades.

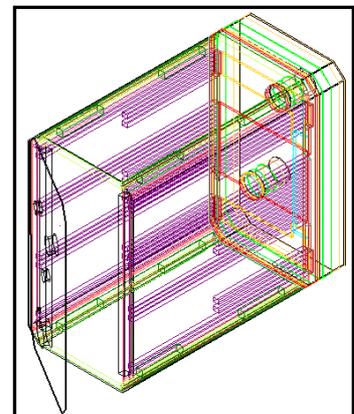


Fig. 9: Bandejas integradas no compartimento expresso.

3.7. Dimensões dos Experimentos

Cada célula tem a dimensão de 101 x 197 x 204 mm e estas podem ser compostas em blocos maiores, conforme se pode observar na Figura 10.

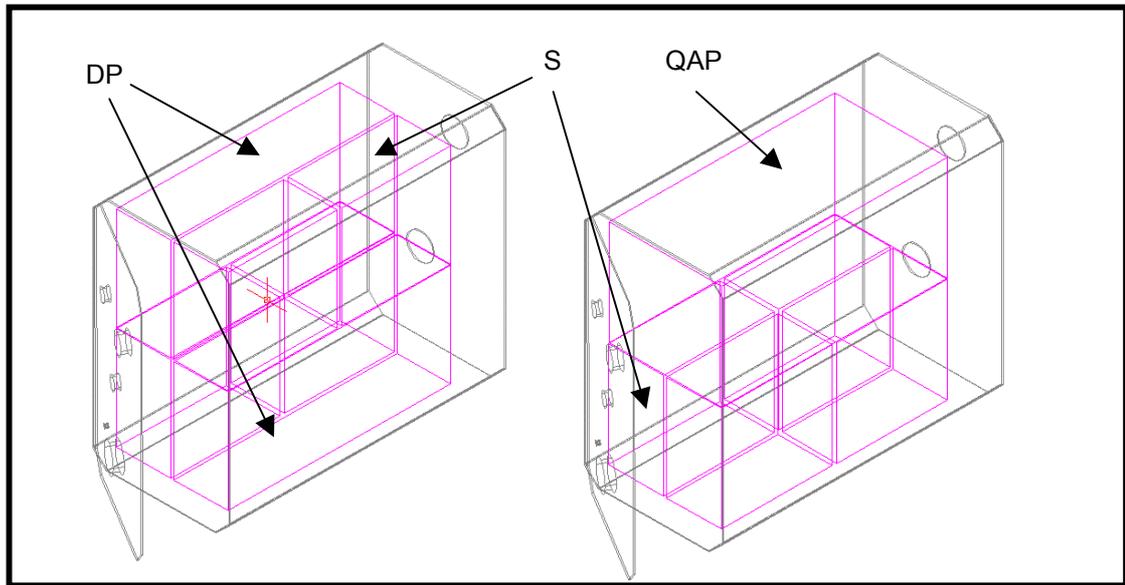


Fig. 10: Configurações de Experimentos.

As seguintes configurações padrões foram estabelecidas:

• S	Simple	101x197x204 mm
• DP	Dupla – Profundidade	101x197x408 mm
• DL	Dupla Largura	101x394x204 mm
• QAP	Quádruplo Altura-Profundidade	202x197x408 mm
• QAL	Quádruplo Altura-Largura	202x394x204 mm
• QLP	Quádruplo Largura-Profundidade	101x394x408 mm
• P	Plena	202x394x408 mm

Considerações

- a) As dimensões são aproximadas, uma vez que não estão sendo aproveitados os espaços entre as células.
- b) Na configuração Plena as dimensões disponíveis não consideram a remoção de nenhuma bandeja.

3.8. Sistema de Alimentação

Serão providas as tensões +5, -5, +12 e -12Vdc nos 8 conectores dos experimentos. Estas tensões serão reguladas (ASD) e protegidas contra sobrecargas individualmente. Os limites de sobrecarga serão pré-programados de forma a limitar a corrente. As tensões e correntes serão monitoradas individualmente e os limites de carga serão programados remotamente.

3.9. Sistema de Processamento

a) Funções

O sistema de processamento possui as seguintes funções:

- Aquisição de dados;
- Armazenamento de dados;
- Filtragem e compactação de dados;
- Execução de comandos (locais ou remotos) imediatos ou temporizados;
- Comunicação com o solo (transmissão de dados, telecomandos e monitoramento);
- Carga remota de programas;
- Interface visual local;
- Comando local;
- Controle térmico primário;
- Execução de programas aplicativos (dedicados aos experimentos);
- Programação de taxas de aquisição e de transmissão;
- Diagnóstico e inicialização.

b) Arquitetura

Terá uma arquitetura distribuída com um microcontrolador dedicado a cada experimento. Atualmente existem microcontroladores que possuem sinais de aquisição no próprio chip, simplificando com isto a arquitetura.

4. CONCLUSÕES

Pode-se concluir que a concepção apresentada atende aos objetivos estabelecidos, uma vez que oferece uma grande flexibilidade, redução de massa transportada e simplificação significativa dos experimentos.

Através de avaliações preliminares pode-se constatar que o arranjo proposto é muito eficiente, uma vez que ocupa pouco volume, tem o centro de massa favorável e baixa massa de infra-estrutura, liberando conseqüentemente mais recursos para os experimentos.

Estas vantagens são suficientes para que seja aberto um projeto com o objetivo de detalhar e dimensionar as soluções propostas. Deve ser também avaliada a viabilidade de se atingir os diversos requisitos técnicos e enquadrar-se nas restrições existentes.

5. GLOSSÁRIO E REFERÊNCIAS

GLOSSÁRIO

ASD	A Ser Definido
ISS	International Space Station
EI	Estação Espacial Internacional
FMU	Facilidade MultiUso
Univap	Universidade do Vale do Paraíba/São José dos Campos (SP)
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/MCT
AEB	Agência Espacial Brasileira/MCT
ABC	Academia Brasileira de Ciências
ISPR	International Standard Payload Rack (Gabinete para experimentos pressurizados de grande porte)
MDL	Middeck Locker – Sub-gabinetes para experimentos no Ônibus Espacial
Express Rack	ISPR com estrutura modular para incorporar vários Lockers ou MDL's
Locker	Sub-gabinete instalado no Express Rack
FUS	Facilidade de Uso eSpecifico a ser montada na FMU
EI	Equipamento Independente a ser instalado na FMU

REFERÊNCIAS

- [1] National Aeronautics and Space Administration (NASA). **International Space Station payload accommodations handbook**. Expedite the Processing of Experiments to Space Station (EXPRESS) rack payloads. Houston: NASA, 1997. International Space Station Program. Contract nº. NAS8-50000 (DR LS10).
- [2] Academia Brasileira de Ciências. **Projeto de suporte e aplicações em microgravidade**. Rio de Janeiro: MCT/AEB/ABC, 2001. Relatório Técnico. Convênio 028/2000.
- [3] Dias, L.A.V.; Pacheco, G.M. **Documento complementar para a Agência Espacial Brasileira (AEB), sobre uso da Estação Espacial Internacional (ISS) por pesquisadores brasileiros**. São José dos Campos: UNIVAP, jul. 2001. 20p.

(página em branco)

ANEXO I

REQUISITOS PARA A FACILIDADE MULTIUSO

Versão 01

1) Introdução

O Brasil, em virtude do acordo com a NASA, participa do desenvolvimento da Estação Espacial Internacional (ISS). Como contrapartida tem direito a utilizar o espaço (e outros recursos) de um sub-gabinete (Locker na nomenclatura da ISS) durante 10 anos, entre outros recursos não mencionados aqui. Este sub-gabinete, por situar-se no interior da Estação sem acesso externo, está orientado a aplicações que requerem o ambiente de microgravidade.

Para utilizar este espaço o Brasil deve considerar o desenvolvimento de algumas facilidades, correspondentes a laboratórios que serão embarcados e servirão de base para a realização de experimentos a bordo da ISS. Os outros países estão também desenvolvendo facilidades e normalmente elas são orientadas a um campo de aplicação específico (crescimento de cristais de proteína, forno para ligas ou semicondutores, etc). Algumas facilidades, pelo tamanho das amostras e pela simplicidade da execução do experimento, são desenvolvidas para um número significativo de experimentos simultâneos (caso do crescimento de cristais), utilizando módulos padronizados.

Estas facilidades são normalmente desenvolvidas e testadas uma única vez. Quando embarcadas permanecem um determinado tempo a bordo e somente as amostras é que serão enviadas e trazidas de volta. Ocasionalmente a facilidade é trocada por uma outra que permanecerá por outro período de tempo no espaço.

O Brasil também deve considerar a possibilidade de desenvolver uma ou mais facilidades de aplicação específica. Existem grupos internacionais que promovem a complementaridade dos campos de aplicação destas facilidades, bem como o compartilhamento do uso através de acordos de cooperação.

Além do desenvolvimento de facilidades específicas, o Brasil, por ter uma demanda limitada em cada um dos campos, deve considerar o desenvolvimento de uma facilidade aplicada a múltiplos campos de aplicação (Facilidade Multiuso), fornecendo neste caso uma infraestrutura básica padrão.

Este documento objetiva especificar os principais requisitos desta Facilidade Multiuso.

2) Conceito

O sub-gabinete será dividido em várias células de serviço, onde cada célula corresponde à menor unidade que pode ser utilizada por um experimento. A esta unidade estão associados recursos e restrições padrões. Ela tem uma limitação de dimensões (envoltória física), tensões elétricas e correntes, sinais de aquisição e comando, descarga térmica, etc.

Os experimentos serão desenvolvidos em módulos, múltiplos das células contíguas (um módulo poderá ser composto de uma ou mais células). O módulo poderá ser desenvolvido para uma função específica, sendo embarcado uma única vez ou poderá se constituir de um módulo que poderá voar diversas vezes, para aplicações como por exemplo de crescimento de cristais.

O Brasil deve iniciar suas atividades neste campo pois sua demanda inicial poderá não requerer um sub-gabinete inteiro para algumas aplicações, e a divisão em módulos permite a multiplexação dos recursos em vários campos. No futuro, com o aumento da demanda, poderão ser desenvolvidas outras facilidades.

É claro que todos nem todos os experimentos poderão se enquadrar no espaço do módulo e poderão ser ainda incompatíveis uns com os outros (por exemplo no que diz respeito a incompatibilidades térmicas) e nem requerer o mesmo tipo de instrumentação.

Os serviços básicos que serão prestados são os seguintes:

- Alimentação elétrica com algumas tensões reguladas;
- Aquisição de dados analógicos e digitais;
- Comandos digitais e analógicos locais ou a partir da Terra;
- Controle térmico primário;
- Tratamento de dados (filtragem de dados ou compactação);
- Processamento em tempo real para controle do experimento;
- Transmissão para Terra de dados ou armazenamento em mídia.

Cada célula será provida de conectores que fornecerão alimentação elétrica (todas as tensões disponíveis), aquisição de dados e comandos.

Caso um módulo seja composto de duas ou mais células, ele receberá os conectores das duas ou mais células.

3) Principais Requisitos

a) Globais

- **Capacidade de processamento** – A ser definida de acordo com as opções disponíveis na fase de desenvolvimento.
- **Volume de dados a transmitir** – A ser definido.
- **Potência global** – Permitir o máximo de potência destinada a um sub-gabinete.
- **Número de células** – mínimo de 4 e máximo de 8.
- **Composição dos Módulos** – Os módulos devem poder ser compostos de uma única célula, de duas, metade ou a totalidade das células.
- **Acesso ao experimento** – O experimento deve poder ser acessado pelo astronauta com relativa facilidade.
- **Armazenamento de programas específicos** – Duas opções deverão ser fornecidas, a gravação junto com o equipamento por ocasião do transporte da facilidade e a modificação/carga remota de programa.
- **Capacidade local de armazenamento** – A ser definida de acordo com as opções disponíveis na fase de desenvolvimento.
- **Instalação e transporte dos módulos** – Cada módulo deve poder ser transportado isoladamente e desligado. Eles serão instalados pelo astronauta na Facilidade Multiuso e portanto devem possuir conexões fáceis e a prova de trocas para permitir esta operação sem erros.
- **Ativação/desligamento do módulo** – Através do painel da facilidade ou através de um comando utilizando o Laptop, o astronauta deverá desligar o módulo e desconectá-lo antes do seu retorno a Terra. Quando for instalado, após a fixação e conexão dos cabos, o astronauta deverá ativar a unidade. Sempre que for ativado, algum feedback deve ser fornecido ao astronauta para que ele saiba que instalou corretamente o módulo.

- **Testes** – Após a integração, a facilidade deve permitir a execução de testes funcionais genéricos que demonstrem que todas as conexões estão corretas e a capacidade de comando e aquisição está funcionando.
- **Proteção** – A facilidade deverá ser concebida com proteção de sobrecorrente nas tensões reguladas que deverá suprir.

b) Por célula

- **Faixa de temperatura** – Será decidida com base em proposições considerando os tipos de experimentos previstos e as limitações do sub-gabinete.
- **Tensões a serem fornecidas** – A serem definidas.
- **Número de sinais de aquisição analógicos** – Um mínimo de 10 sinais.
- **Número de sinais de aquisição digital** – Um mínimo de 10 sinais.
- **Características dos sinais de aquisição analógicos** – Será decidida com base em proposições considerando os sinais de origem já elétricos de variação contínua com ou sem off-set, como também sensores a base de variação de resistência (termistores, strain-gages, etc.).
- **Número de comandos analógicos** – Um mínimo de 2 sinais.
- **Número de comandos digitais** – Um mínimo de 10 sinais.