

Sala Limpa para Manutenção e Integração de Nanossatélites

Catarina Serique Carneiro¹, Manuel Nascimento Dias Barcelos Junior²

¹Faculdade de Ciências e Tecnologias em Engenharia, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil (catarinaserique@gmail.com)

²Faculdade de Ciências e Tecnologias em Engenharia, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil

Resumo: Este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma sala limpa portátil de baixo custo para manutenção e integração de nanossatélites. A proposta é uma alternativa acessível para realizar montagem e manipulação de componentes sensíveis. Assim, o projeto contará com pés niveladores para estabilidade e fixação, e o controle de partículas será realizado por filtros HEPA. Além disso, uma ante-sala permitirá a introdução dos componentes, que serão manipulados internamente por meio de luva acoplada.

Palavras-chave: Sala limpa; nanossatélites; integração; portátil.

INTRODUÇÃO

Uma sala limpa é um ambiente com controle rigoroso da concentração de partículas, poeira e outras substâncias que possam causar danos a microcomponentes sensíveis. No entanto, essa tecnologia normalmente possui um elevado custo financeiro, além de apresentar alto consumo energético (Mason et al., 2020).

A proposta de uma versão portátil surge da necessidade de uma solução compacta e de baixo custo que permita maior segurança no manuseio de componentes eletrônicos sensíveis durante os processos de montagem e teste de nanossatélites universitários.

Nessa configuração, os objetos podem ser manipulados no interior da cabine por meio de luvas acopladas à estrutura, impedindo o contato direto do operador com o material. Em versões mais avançadas, pode haver ainda a utilização de atmosfera inerte, geralmente com gás argônio, a fim de ampliar a proteção contra danos associados ao oxigênio e à umidade.

MATERIAL E MÉTODOS

A partir de uma revisão bibliográfica, foram selecionados os materiais necessários para a concepção da sala limpa portátil. A estrutura foi dividida em quatro elementos principais: cabine, ante-sala, sistema de filtragem e sistema de fixação.

A cabine constitui o módulo principal, no qual serão efetivamente manuseados os componentes. Acoplada a ela, a ante-sala é responsável pela transição do material entre os ambientes externo e interno da cápsula. Além disso, foi projetada uma porta de maiores dimensões para facilitar a limpeza e a realização de quaisquer reparos internos.

O sistema de filtragem é composto por um ventilador centrífugo, responsável por captar o ar externo, que em seguida passa por um filtro HEPA H13/H14 e por um filtro HEPA descartável. Este último tem a função de ampliar o controle das partículas que ingressam na cápsula e aumentar a vida útil dos filtros permanentes, reduzindo a necessidade de substituição. Na saída, o ar também é filtrado, de modo a impedir a liberação de gases ou substâncias potencialmente tóxicas no ambiente.

O controle interno da sala limpa será realizado por um conjunto de sensores. Um anemômetro e um termômetro medirão, respectivamente, a velocidade e a temperatura do fluxo de ar que entra na cabine, enquanto sensores de CO₂ e de partículas monitorarão a eficiência do sistema de filtragem.

Por fim, o sistema de fixação é composto por uma mesa de aço inoxidável, escolhida por sua disponibilidade, baixo custo e facilidade de higienização. A presença de rodas é essencial para o transporte da sala limpa dentro do próprio laboratório ou entre dependências da universidade.

A Tabela 1 mostra o orçamento financeiro deste projeto de sala limpa portátil.

Tabela 1. Orçamento financeiro do projeto.

Componente	Preço (R\$)
Anemômetro	300,00
Borracha EPDM	70,00
Filtro HEPA H13/H14	550,00
Filtro HEPA descartável	150,00
Flanges de PVC	50,00

Luvax fixas de neoprene	500,00
Mesa de aço inoxidável	375,00
Painéis de acrílico antiestático	900,00
Sensor de partículas	1300,00
Sensor de CO ₂	400,00
Termômetro digital	100,00
Ventilador centrífugo	350,00

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo piloto simplificado que foi desenvolvido para que melhor atendesse aos requisitos e necessidades do projeto é mostrado na Figura 1. A cabine principal, à esquerda, possui dimensões de 600x400x400 mm enquanto a ante sala, à direita mede 350x200x200 mm. Tais medidas provaram-se suficientes para as atribuições da sala limpa, dado que o maior satélite a ser manuseado tem medidas máximas de 300x100x100 mm.

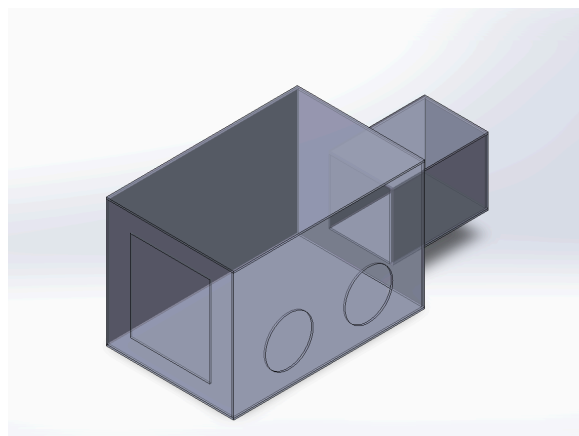


Figura 1. *Design* simplificado da sala limpa.

Para a montagem da estrutura em painéis de acrílico foi definido o uso de cola epóxi, devido a sua alta aderência e rápida secagem. Também foi prevista a aplicação de borrachas EPDM para vedação das portas, bem como o uso de alavancas que auxiliem na aplicação da pressão necessária para evitar vazamentos de partículas.

Quanto ao fluxo de ar ideal, deve-se manter sempre um fluxo laminar sem a ocorrência de turbulências e manter tipicamente a uma velocidade controlada, para aumentar a vida útil dos filtros. Assim, o fluxo deve ser suficiente apenas para manter o ambiente limpo e assegurar adequada renovação do ar interno.

Em relação aos sensores de partículas, tais dispositivos utilizam feixes de laser para a contagem

e devem ser calibrados de acordo com a Norma ISO 14644-1, que estabelece os limites de operação para diferentes classes de salas limpas, em uma escala de classes de 1 a 9. A utilizada neste trabalho como padrão de referência foi a ISO classe 7, que é considerada suficiente para a manipulação de CubeSats e aplicações que não exigem controle extremamente rigoroso.

CONCLUSÃO

O desenvolvimento de uma sala limpa portátil constitui uma alternativa tecnicamente viável e economicamente mais acessível para aplicações acadêmicas. A solução proposta reúne elementos essenciais para o controle do ambiente interno, vedação adequada, monitoramento por sensores e dimensões compatíveis com os satélites a serem manipulados. Além disso, a adoção da ISO classe 7 como referência mostra-se adequada para o nível de rigor requerido neste tipo de aplicação. Dessa forma, o projeto apresenta potencial para ampliar a segurança e a qualidade dos processos de montagem e teste de nanossatélites em ambiente universitário. Como continuidade do trabalho, recomenda-se a construção do protótipo e a realização de ensaios experimentais para validação da eficiência da filtragem, da estanqueidade e das condições operacionais da cabine.

REFERÊNCIAS

GRAY, Mason J.; KUMAR, Narendra; O'CONNOR, Ryan; HOEK, Marcel; SHERIDAN, Erin; DOYLE, Meaghan C.; ROMANELLI, Marisa L.; OSTERHOUDT, Gavin B.; WANG, Yiping; PLISSON, Vincent; LEI, Shiming; ZHONG, Ruidan; RACHMILOWITZ, Bryan; ZHAO, He; KITADAI, Hikari; SHEPARD, Steven; SCHOOP, Leslie M.; GU, G. D.; ZELJKOVIC, Ilija; LING, Xi; BURCH, K. S. A Cleanroom in a Glovebox. arXiv, 2020.