



580

Fundação Universidade Federal do ABC
Pró reitoria de pesquisa
Av. dos Estados, 5001, Santa Terezinha, Santo André/SP, CEP 09210-
Bloco L, 3ºAndar, Fone (11) 3356-7617
iniciacao@ufabc.edu.br

Projeto de Iniciação Científica
submetido para avaliação no
Edital: PIBIC 04/2022

Título do projeto: Modelo computacional de um foguete lançador a estágios

Palavras-chave do projeto: propulsão espacial, lançadores, modelos numéricos

Área do conhecimento do projeto: Engenharia Aeroespacial; Sistemas Aeroespaciais, foguetes.

Sumário

1 Resumo	2
2 Introdução e Justificativa	2
3 Objetivos	5
4 Metodologia.....	5
4.1. Materiais e métodos.....	6
5 Viabilidade (Opcional).....	6
6 Cronograma de atividades	6
Referências	7

1 Resumo

Este projeto pretende desenvolver estudos baseados na bibliografia especializada e em modelos computacionais para criar um simulador um foguete estagiado, com o objetivo de desenvolver uma ferramenta didática. Um foguete a estágios é um veículo que utiliza duas ou mais etapas, cada uma das quais contém seus próprios motores e propulsores. O resultado efetivo equivale dois ou mais foguetes que, tomados em conjunto, são muitas vezes chamados de veículo de lançamento. Foguetes de dois foguetes estágios são muito comuns, mas já foram utilizados veículos lançadores de até cinco estágios. O descarte dos estágios inferiores (já exauridos) reduz a massa do foguete, o que possibilita às etapas restantes acelerar mais facilmente o foguete à sua velocidade final e altitude. Este trabalho reúne os eixos do projeto pedagógico da UFABC, buscando importantes aspectos da formação de um engenheiro aeroespacial: criatividade e inovação, orientação de aplicação, prática do trabalho em equipe, sistêmico e colaborativo e a imersão na diversidade acadêmica e cultural.

2 Introdução e Justificativa

Desde a primeira proposta de motor de foguete movido a combustível líquido, apresentada por Robert Goddard em 1926, utilizando gasolina e oxigênio líquido (Cornelisse 1979), vários problemas fundamentais foram estudados e resolvidos, como mecanismos de bombeamento, resfriamento e atuadores para o direcionamento. Esses detalhes são a razão dos projetos de motores foguetes movidos a combustível líquido serem tão complicados.

Atualmente, as tecnologias envolvidas no projeto de motores a reação com propelentes líquidos avançaram consideravelmente. Por exemplo, ao longo dos anos, os sistemas de controle PID (*proportional-integral-derivative*) e seus sensores/atuadores mecânicos foram primeiramente substituídos por componentes eletrônicos, e posteriormente por circuitos computadorizados. Na atualidade, a pesquisa de novos materiais e combustíveis e a tônica dos projetos desta categoria.

Segundo a AEB – Agência Espacial Brasileira – as atuais e futuras missões espaciais brasileiras requerem capacidades de colocação de carga útil na faixa de 1500 Kg a dezenas de toneladas. De acordo com Sutton & Biblarz (2001) para esta categoria de lançadores se faz necessário o desenvolvimento de motores que utilizem propelente líquido. Hoje em dia no Brasil, projetos de motores desse tipo têm sido propostos pelo IAE (Instituto de Aeronáutica e Espaço) por meio do “Programa Cruzeiro do Sul”. Diferentes foguetes estão previstos neste Programa, como o VLS Alfa, sucessor do VLS-1 (Figura 1). Estão sendo planejados os modelos L5, L15 e L75, os quais são modulares e podem ser aproveitados em outros projetos. Um exemplo é o L75, que será utilizado no terceiro estágio do VLS Alfa, e nos estágios superiores dos lançadores Beta, Gama e Delta todos do Programa Cruzeiro do Sul.

Programas brasileiros com o “Cruzeiro do Sul” configuram-se em excelentes oportunidades para estimular o estudo aprofundado de tecnologias de foguetes e seus modelos matemáticos, visando contribuir para o aprimoramento na formação de recursos humanos para atuação nesta área. O estudo destes motores possibilita a aquisição de conhecimento bem como a compreensão de fenômenos de transientes pouco conhecidos, notadamente as instabilidades de combustão, um importante tópico teórico deste tema.

Os cursos tecnológicos voltados para este tema, como a Engenharia Aeroespacial, necessitam, portanto, fornecer o conhecimento e a formação adequados para esta categoria de profissionais. Contudo, nos processos de aprendizagem deve-se levar em conta a extrema complexidade envolvida nestes motores. Como exemplo das áreas do conhecimento abrangidas pode-se citar a física dos materiais, termodinâmica, química da combustão, controle automático, hidrodinâmica etc. Saliente-se que a metodologia de ensino destes campos do conhecimento deve ter profundidade, isto é, seu conteúdo deve ser explicitamente detalhado.



Figura 1. Fotografia do foguete brasileiro VLS-1, com três estágios de combustível sólido (adaptado do site do IAE).

Visando contribuir significativamente para o desenvolvimento científico e tecnológico do País, o presente projeto propõe um estudo do uso de estágios em um pequeno foguete, cuja finalidade é ser usado para demonstrar os princípios de funcionamento desta tecnologia e ainda funcionar como uma plataforma de médias e experiências pedagógicas. Como resultado, pretende-se simular um pequeno (mas completo) foguete de dois ou mais estágios, que contenha todos os componentes usuais deste tipo de veículo. O comportamento do lançador será comparado com a teoria e com semelhantes, de forma a levar os alunos a uma compreensão dos processos e métodos e a uma avaliação crítica das tecnologias escolhidas em casos distintos.

A partir das considerações apresentadas, o projeto proposto será ao mesmo tempo eficaz na demonstração dos princípios teóricos e eficiente nas aplicações de tecnologia.

A principal vantagem para o uso de foguetes multiestágios é que uma vez que o combustível de um estágio se esgote, a estrutura que contém e os próprios motores são inúteis, mas ainda sobrecarregam a massa do veículo. Este peso morto pode vir a ser um fator que dificulte a aceleração do restante do foguete. Ao desvincular-se das estruturas não serão mais utilizadas, o foguete torna-se mais leve, e o impulso das etapas restantes será capaz de proporcionar mais aceleração. Quando um estágio é descartado, o restante do foguete ainda está se movendo com a velocidade atingida no tempo de esgotamento. Portanto, menos combustível será necessário para alcançar a velocidade e altitude desejadas.

Outra vantagem está no fato de que cada estágio pode utilizar um tipo particular de motor de foguete, melhor ajustado para as suas condições de funcionamento particulares. Assim, os motores dos estágios inferiores são concebidos para utilização a pressão atmosférica. Por outro lado, os estágios superiores podem ser concebidos com motores adaptados às condições de vácuo da alta atmosfera. Estágios inferiores tendem a ser projetados para suportar maior esforço estrutural, uma vez que precisam suportar o seu próprio peso, mais os estágios acima deles.

Por exemplo, os foguetes da família JUNO I (Francis 1953) eram veículos a estágios responsáveis pelo lançamento do primeiro satélite estadunidense, o Explorer 1, em 1958. Derivados da família de foguetes Redstone, este é um bom exemplo de categorização do que este estudo pretende focar. Salienta-se que os foguetes JUNO trabalhavam com combustível líquido.



Figura 2. VSB-30, foguete espacial brasileiro da família de foguetes “Sonda”. O VSB-30 possui dois estágios à propulsão sólida sendo estabilizado rotacionalmente e com capacidade de transportar cargas úteis de até 400 kg, até altitudes na faixa de 270 km. Trata-se de um foguete de sondagem direcionado a realizar experimentos em ambientes de microgravidade. Durante o lançamento chega a superar o Mach.

3 Objetivos

São objetivos deste projeto:

1. Contribuir para a formação e inserção do aluno orientado em atividades de pesquisa, desenvolvimento tecnológico e inovação;
2. Fazer um levantamento do estado da arte nos dois campos:
 - a. foguetes estagiados para órbitas baixas
 - b. simulações de modelos reais em linguagem python;
3. Propor um desenho de lançador estagiado com viés didático;
4. Apresentar simulações baseadas em um modelo numérico deste lançador.

4 Metodologia

Para alcançar os objetivos propostos, serão seguidas as seguintes etapas:

1. Levantamento e estudo da bibliografia sobre lançadores estagiados de baixa órbita e estudo da linguagem python.
2. Desenvolvimento do modelo físico/matemático.
3. Desenvolvimento do programa de simulação.
4. Testes e simulações.

4.1. Materiais e métodos

As pesquisas bibliográficas serão realizadas online, com recursos da Internet.

O desenvolvimento dos programas de simulação será realizado em linguagens de alto nível (python). Para tanto, far-se-á necessário o uso de computadores pessoais e compiladores de licença livre.

5 Viabilidade (Opcional)

(não se aplica)

6 Cronograma de atividades

Etapa 1: Levantamento e estudo da bibliografia sobre lançadores estagiados de baixa órbita e da linguagem python.

Etapa 2: Desenvolvimento do modelo físico/matemático.

Etapa 3: Desenvolvimento do programa de simulação.

Etapa 4: Testes e simulações.

Tabela 1 – Cronograma das atividades previstas

Etapa	Mês											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Etapa 1	X	X	X	X								
Etapa 2			X	X	X							
Etapa 3				X	X	X	X	X	X	X		
Etapa 4					X	X	X	X	X	X	X	X

Referências

- ACIUFABC - Assessoria de Comunicação e Imprensa da UFABC, 2020, <https://www.ufabc.edu.br/divulgacao-cientifica/destaques/ufabc-participa-do-desenvolvimento-de-sistema-para-nanossatelites>, vistado em 17/04/2021.
- Black, M. D., 2012, The “Evolution of Rocket Technology” (livro e-book), 3rd Ed., payloadz.com ebook/History pp. 109-112 and pp. 114-119
- Cornelisse, J.W., Schoyer, H.F.R., Swakker, K.F., Rocket Propulsion and Space Flight Dynamics, Pitman, 1979.
- COTE, K.; JASON, G.; PATEL, B.; RIDLEY, N.; TAILLEFER, Z.; TETREAUULT, F., 2011, Mechanical, Power, and Propulsion Subsystem Design for a CubeSat. Projeto de conclusão de curso. Worcester Polytechnic Institute, Março de 2011.
- CSPU - California State Polytechnic University, 2014, CubeSat Design Specification (Rev 13).
- Francis, B., (1959). "The Early Space Age". Fortune. (visitado em 05/06/2020).
- <https://www.ufabc.edu.br/divulgacao-cientifica/destaques/ufabc-participa-do-desenvolvimento-de-sistema-para-nanossatelites>
- Sutton, G.P., & Biblarz, 2001, Rocket Propulsion Elements, John Wiley & Sons. 2007
- Wright, C., 2015, "Como carregar e disparar um rifle de pólvora negra". Gear Patrol. Página visitada em 17 de fevereiro de 2021.