

PROJETO – DE – PESQUISA

Programa de Iniciação científica e Tecnológica CBPF

Nome do pesquisador ou tecnologista (orientador interno): RODRIGO FELIX DE ARAUJO CARDOSO

Coordenação: COTEC

Nome do pesquisador ou tecnologista (coorientador/colaborador externo, se houver):
Professora Andersan do Instituto Militar de Engenharia

Instituição de Pesquisa Externa (se houver): IME

Título do projeto: Desenvolvimento de Componentes de Foguete por Manufatura Aditiva de Metal

Palavra-chave: Manufatura Aditiva

Área de conhecimento: Engenharia Mecânica e Ciência dos Materiais

Pré-requisito desejado (se houver): cursando engenharia mecânica ou engenharia de materiais, conhecimento de desenho mecânico e ferramenta de CAD (Solid Works) e conhecimento em Ciência dos Materiais.

Possibilidade de orientação remota: () Sim (X) Não

Resultante principal do Projeto:

- (X) Publicação (horizonte de 4 anos).
- (X) Preparação do bolsista para área científica.
- (X) Produto tecnológico.
- () Produto educacional ou didático.

Rio de Janeiro, 30 de junho de 2026.

Projeto

1. Introdução e Justificativa

A Manufatura Aditiva (MA) consolidou-se como uma tecnologia disruptiva e essencial para a evolução de diversos setores industriais. Por se tratar de um ecossistema tecnológico em constante evolução, sua integração ao ambiente produtivo ainda demanda maturação e pesquisa aplicada. Entre as principais vantagens da MA, destacam-se a otimização do tempo de fabricação, a consolidação de componentes (reduzindo a necessidade de montagens complexas) e a mitigação do desperdício de matéria-prima e energia, o que mitiga o impacto ambiental do processo fabril.

No setor aeroespacial, a MA é particularmente estratégica. A flexibilidade geométrica permitida pela tecnologia viabiliza a produção de peças com canais intrínsecos de refrigeração, redução de massa (alívio de peso) e alta resistência mecânica — fatores críticos para o desempenho de veículos lançadores (Alcalde & Wiltgen, 2018; Citarella & Giannella, 2021). Atualmente, os esforços de pesquisa concentram-se na viabilização de componentes de dimensões ampliadas e no uso de multimateriais. Apesar do panorama promissor, os custos associados aos equipamentos e às matérias-primas metálicas (pós-metálicos) ainda configuram os principais desafios para a ampla disseminação da tecnologia (Huang et al., 2017).

Neste cenário, o desenvolvimento de componentes críticos aeroespaciais por meio de MA de metal apresenta-se como uma linha de pesquisa de alto valor científico e tecnológico, justificando a sinergia entre o desenvolvimento acadêmico e a aplicação prática em sistemas de propulsão.

2. Objetivos

- **Objetivo Geral:** Desenvolver, fabricar via Manufatura Aditiva metálica e validar experimentalmente uma tubeira de foguete, integrando o fluxo de engenharia desde o design até o teste estático.
- **Objetivos Específicos:**
 - Projetar e otimizar a geometria da tubeira visando os requisitos térmicos e estruturais do motor para Grupo de Foguetes de competição, tala como o GFRJ (UERJ), Minerva Rockets (UFRJ) e do Instituto Militar de Engenharia (programa CEOS);
 - Estudar os parâmetros de processo da MA metálica adequados para garantir a estanqueidade e a resistência mecânica da peça;

- Avaliar a viabilidade econômica e de fabricação do componente em relação aos métodos tradicionais;
- Caracterizar o componente fabricado por MA, em termos dimensionais e metalúrgicos;
- Realizar testes estáticos de queima em bancada para validação da performance do componente em ambiente operacional controlado.

3. Metodologia Proposta (Sugestão para enriquecer o projeto)

Para o sucesso da pesquisa, as atividades serão divididas nas seguintes etapas:

1. **Revisão Bibliográfica e Requisitos:** Levantamento dos parâmetros operacionais do motor do GFRJ (pressão na câmara, temperatura, empuxo alvo).
2. **Design e Otimização:** Modelagem CAD da tubeira e simulações computacionais (CFD e FEA) para validar o comportamento térmico e estrutural do design.
3. **Fabricação:** Preparação do arquivo (fatiamento, suportes) e manufatura da peça utilizando tecnologia de MA metálica (ex: SLM/LPBF ou DED).
4. **Pós-processamento e Caracterização:** Alívio de tensões térmicas, remoção de suportes, acabamento superficial e inspeção dimensional.
5. **Testes e Validação:** Integração da tubeira ao motor e execução dos testes estáticos em bancada para coleta de dados de performance.

Referências:

1) ALCALDE, E.; WILTGEN, F., Estudo das tecnologias em prototipagem rápida: passado, presente e futuro, Revista de Ciências Exatas da Universidade de Taubaté, v.24(02), p.12-20, 2018.

2) GOMES, J.; WILTGEN, F. Avanços na manufatura aditiva em metais: técnicas, materiais e máquinas, Revista Tecnologia, v.41(01), p.1-16, 2020.

3) WILTGEN, F. Protótipos e prototipagem rápida aditiva sua importância no auxílio do desenvolvimento científico e tecnológico. 10º Congresso Brasileiro de Engenharia De Fabricação, São Carlos, 5-7 agosto, 2019.

4) WILTGEN, F.; ALCALDE, E. Prototipagem rápida aditiva aplicada em dispositivos funcionais de auxílio humano. 10º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação, São Carlos, 5-7 agosto, 2019.

5) SALEM, H.; ABOUCHADI, H. Design for Additive Manufacturing, Journal of Theoretical and Applied Information Technology, v.98(19), p.1-12, 2020.

6) CITARELLA R.; GIANNELLA V. Additive Manufacturing in Industry, Applied Sciences, v.11(02), p.1-3, 2021.

7) JAFFERSON, J. M.; CHATTERJEE, D. A review on polymeric materials in additive manufacturing, Materials Today: Proceedings, Elsevier, v.46(02), p.1349-1365, 2021.

8) SUN, C.; SHANG, G. On Application of Metal Additive Manufacturing, World Journal of Engineering and Technology, v.9(1), p.194-202, 2021.