

EDITAL N° 21/2021/SEI-INPE**Chamada Pública 01/2021****Programa de Capacitação Institucional - PCI/INPE**

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) torna pública a presente Chamada e convida os interessados a apresentarem propostas, nos termos aqui estabelecidos.

1 – Objeto

A presente Chamada tem por finalidade a seleção de especialistas, pesquisadores, tecnologistas e técnicos que contribuam para a execução de projetos de pesquisa e desenvolvimento, no âmbito do Programa de Capacitação Institucional - PCI. Nesta Chamada Pública haverá bolsas de longa duração, de até 60 meses de vigência.

1.1 – Projetos de Pesquisa a serem apoiados:

Os seguintes projetos de pesquisa serão apoiados no âmbito do Subprograma de Capacitação Institucional:

CÓDIGO	SUBPROJETO	MODALIDADE	LOCALIDADE
4.1.1	Desenvolvimento de Injetores de Propelentes Gelificados	DA	Cachoeira Paulista
4.2.1	Desenvolvimento de catalisador para decomposição de peróxido de hidrogênio nas condições adequadas para avaliação em protótipo de propulsor 2N	DA	Cachoeira Paulista
4.3.1	Testes de Equipamento e Processos no INPE, seu descomissionamento e sua adaptação e recomissionamento no CTI	DA	São José dos Campos
4.4.1	Testes de verificação de modelo numérico multidimensional multiescala MPI paralelo de magnetofluidos para aplicações espaciais: fase 1	DB	São José dos Campos
4.5.1	Desenvolvimento de Linhas de Transmissão Não Lineares para Geração de RF	DA	São José dos Campos
4.6.1	Caracterização de Materiais Absorvedores de Radiação Eletromagnética (MARE) em Ensaios Eletromagnéticos de Propagação em Espaço Livre	DA	São José dos Campos
4.7.1	Desenvolvimento, síntese e caracterização, do conjunto eletrodo, membrana eletrodo (MEA), de uma célula a combustível alcalina a etanol direto (ADEFC)	DA	São José dos Campos
4.8.1	Estudos de incorporação de nano partículas na Estrutura de DLC para uso como lubrificante sólido para o Espaço	DC	São José dos Campos
4.9.1	Materiais de carbono nanoestruturado para aplicações espaciais	DA	São José dos Campos
4.9.2	Materiais de carbono nanoestruturado para aplicações espaciais	DE	São José dos Campos
4.10.1	Melhoria de propriedades de peças, partes, componentes e materiais de aplicação espacial por tratamento a plasma	DD	São José dos Campos
4.11.1	Desenvolvimento de um Propulsor de Plasma Pulsado para Satélites e Sondas Espaciais	DA	Cachoeira Paulista

1.2 – Do detalhamento dos projetos:

Os projetos a serem apoiados pela presente Chamada serão realizados nas Unidades Técnico-Científicas do INPE, conforme especificado no item 1.1. O detalhamento dos projetos, assim como o perfil do respectivo bolsista a ser selecionado, pode ser consultado no **Anexo I**.

2 – Cronograma

FASES	DATA
Inscrições	de 24/08 a 29/08/2021
Prazo para impugnação da Chamada	Até 25/08/2021
Divulgação das inscrições homologadas	06/09/2021
Prazo para interposição de recurso administrativo das inscrições homologadas	08/09/2021
Divulgação final das inscrições homologadas	13/09/2021
Divulgação do resultado preliminar	A partir de 27/09/2021
Prazo para interposição de recurso administrativo do resultado preliminar	02 dias úteis após a divulgação do resultado preliminar
Resultado final (a ser ratificado pelo CNPq após indicação do bolsista na plataforma integrada Carlos Chagas)	Até dia 04/10/2021

3 – Critérios de Elegibilidade

3.1 – Os critérios de elegibilidade indicados abaixo são obrigatórios e sua ausência resultará no indeferimento da proposta.

3.2 – Quanto ao Proponente:

3.2.1 – O proponente, responsável pela apresentação da proposta, deve atender, obrigatoriamente, aos itens abaixo:

3.2.1.1 – Bolsa PCI-D

- a) Ser brasileiro ou estrangeiro residente e em situação regular no País;
- b) ter seu currículo cadastrado na Plataforma Lattes, atualizado em maio/2021 até a data limite para submissão da proposta;
- c) Ter perfil e experiência adequados à categoria/nível de bolsa PCI da proposta, conforme anexo I da RN 026/2018;
- d) Não ter tido vínculo empregatício direto ou indireto ou ter sido aposentado pela mesma instituição executora do projeto;

- e) Não acumular a bolsa pleiteada com outras bolsas de longa duração do CNPq ou de qualquer outra instituição brasileira ou estrangeira;
- f) Não possuir parentesco com ocupantes de funções gratificadas da Instituição, em atendimento ao disposto pela Lei nº 8.027, 12/04/1990, pelo Decreto nº 6.906, de 21/07/2009 e pelo Decreto 7.203/2010 de 04/06/2010;
- g) Não possuir vínculo celetista ou estatutário ou ser microempresário individual (MEI) ou sócio administrador de empresa;
- h) Não estar matriculado em curso de pós-graduação ou ser aluno especial.

3.2.1.2 - Bolsa PCI-E

- a) Não estar vinculado à instituição proponente;
- b) Não ser aposentado pela instituição executora do projeto.

3.3 – Quanto à Instituição de Execução do Projeto:

3.3.1 – O projeto será executado nas unidades do INPE, instituição de execução do Subprograma de Capacitação Institucional, conforme indicado na tabela do item 1.1 desta Chamada. Seguem abaixo os endereços das unidades:

INPE – São José dos Campos (SP) - SEDE

Av. dos Astronautas, 1758 – Jardim da Granja

CNPJ: 01.263.896/0005-98

Caixa Postal: 515

CEP: 12227-010

INPE Cachoeira Paulista (SP)

Rodovia Presidente Dutra, km 40 SP/RJ

CNPJ: 01.263.896/0016-40

Caixa Postal: 01

CEP: 12630-970

INPE Santa Maria (RS)

Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais (RS) - CRCRS

Campus da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM

Caixa Postal: 5021

CEP: 97105-970 Santa Maria, RS

Prédio INPE

INPE Natal (RN)

Centro Regional do Nordeste - CRCRN

Rua Carlos Serrano, 2073 - Lagoa Nova

CNPJ: 01.263.896/0007-50

CEP: 59076-740

INPE Eusébio (CE)

Centro Regional do Nordeste - CRCRN

Estrado do Fio, 5624-6140 – Mangabeira

CEP: 61760-000

4 – Recursos Financeiros

4.1 – As bolsas serão operacionalizadas pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq e financiadas com recursos no valor anual de R\$ 3.161.600,00 (três milhões, centro e sessenta e um mil e seiscentos reais), oriundos do orçamento do Ministério da Ciência Tecnologia, Inovações - MCTI.

5 – Itens Financiáveis

5.1 – Bolsas

5.1.1 – Os recursos da presente chamada serão destinados ao financiamento de bolsas na modalidade **PCI**, na sua categoria D e E, nos seus diferentes níveis.

1. – A implementação das bolsas deverá ser realizada dentro dos prazos e critérios estipulados para cada uma dessas modalidades, conforme estabelecido nas normas do CNPq que regem essa modalidade.
2. – A duração das bolsas não poderá ultrapassar o prazo de execução do projeto.
3. – As bolsas não poderão ser utilizadas para pagamento de prestação de serviços, uma vez que tal utilização estaria em desacordo com a finalidade das bolsas do CNPq.

6 – Submissão da Proposta

6. – As propostas deverão ser encaminhadas ao INPE exclusivamente via e-mail, no endereço pci.programa@inpe.br, utilizando-se o Formulário Inscrição para Bolsa PCI/INPE, disponível no link http://www.inpe.br/pci/arquivos/formulario-de-inscricao-para-bolsa-pci_v4.pdf

6.2 – O horário limite para submissão das propostas ao INPE será até às 23h59 (vinte e três horas e cinquenta e nove minutos), horário de Brasília, da data descrita no **CRONOGRAMA**, não sendo aceitas propostas submetidas após este horário.

6.2.1 – Recomenda-se o envio das propostas com antecedência, uma vez que o INPE não se responsabilizará por aquelas não recebidas em decorrência de eventuais problemas técnicos e de congestionamentos. **Formulário de inscrição preenchidos erroneamente ou incompletos serão considerados indeferidos.**

6.2.2 – Caso a proposta seja enviada fora do prazo de submissão, ela não será aceita, razão pela qual não haverá possibilidade da proposta ser acolhida, analisada e julgada.

6.3 – Esclarecimentos e informações adicionais acerca desta Chamada podem ser obtidos pelo endereço eletrônico pci.programa@inpe.br ou pelo telefone (12) 3208-7646 ou 3208-7645.

6.3.1 – O atendimento a que se refere o item 6.3 encerra-se impreterivelmente às 17h, em dias úteis, e esse fato não será aceito como justificativa para envio posterior à data limite.

6.3.2 – É de responsabilidade do proponente entrar em contato com o INPE em tempo hábil para obter informações ou esclarecimentos.

6.4 – Todos os candidatos devem preencher o formulário de parentesco, http://www.inpe.br/pci/solicitacao_bolsa/ e enviar juntamente com a ficha de inscrição e o currículo Lattes no momento da inscrição.

6.5 – O Formulário Inscrição para Bolsa PCI/INPE deverá ser preenchido com os dados do proponente e enviado por e-mail, como anexo, juntamente com o Currículo Lattes **atualizado em maio/2021**, até data limite para submissão da proposta. Inscrições enviadas sem o **Currículo Lattes ou com data de atualização anterior a maio de 2021 não serão aceitas.**

6.6 – Cada proponente poderá se candidatar a, **no máximo, 03 dos projetos** listados no item 1.1.

6.7 – Na hipótese de envio de mais de uma proposta pelo mesmo proponente, para o mesmo projeto, será considerada para análise apenas a última proposta recebida.

7 – Julgamento

7.1 – Critérios do Julgamento

7.1.1 – Os critérios para classificação das propostas quanto ao mérito técnico-científico são:

Critérios de análise e julgamento	Peso	Nota
A Linhamento do histórico acadêmico e profissional do proponente às competências e atividades exigidas à execução do projeto.	3,0	0,0 a 10
B Adequação do perfil do proponente ao projeto a ser apoiado.	1,0	0,0 a 10
C Experiência prévia do proponente em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação na área do projeto de pesquisa selecionado.	1,0	0,0 a 10

7.1.1.1 – As informações relativas aos critérios de julgamento A, B e C, descritas no item 7.1.1, deverão constar no CV Lattes do proponente.

7.1.1.1.1 – As informações contidas no campo “Breve Descrição da Experiência”, do formulário de inscrição, poderão ser utilizadas para análise da Comissão de Mérito, de forma complementar àquelas apresentadas no CV Lattes, instrumento essencial para análise e julgamento.

7.1.1.2 - A avaliação dos critérios de Julgamento A, B e C será feita com base nas informações constantes no CV Lattes submetido junto com a proposta; alterações do CV Lattes realizadas após o ato de inscrição não serão consideradas.

7.1.2 – Para estipulação das notas serão utilizadas até duas casas decimais.

7.1.3 – A pontuação final de cada proposta será aferida pela média ponderada das notas atribuídas para cada item.

7.1.4 – Em caso de empate, a Comissão de Avaliação de Mérito, considerará a proposta com a maior nota no critério A, seguidas das maiores notas nos critérios B e C, respectivamente..

7.1.4.1 – Persistindo o empate, a Comissão de Avaliação de Mérito deverá analisar as propostas empatadas e definir a sua ordem de classificação, apresentando de forma fundamentada as razões e motivos.

7.2 – Etapas do Julgamento

7.2.1 – Etapa I – Análise pela Comissão de Pré-enquadramento

7.2.1.1 - A composição e as atribuições da Comissão de Pré-enquadramento seguirão as disposições contidas na Portaria 2.195/2018 do MCTIC.

7.2.1.2 – Esta etapa, a ser realizada pela Comissão de Pré-enquadramento, consiste na análise das propostas apresentadas quanto ao atendimento às disposições estabelecidas no item 3.2 desta Chamada.

7.2.2 – Etapa II – Classificação pela Comissão de Avaliação de Mérito

7.2.2.1 – A composição e as atribuições da Comissão de Avaliação de Mérito seguirão as disposições contidas na Portaria 2.195/2018 do MCTIC.

7.2.2.2 – A pontuação final de cada proposta será aferida conforme estabelecido no item 7.1.

7.2.2.3 – Todas as propostas avaliadas serão objeto de parecer de mérito consubstanciado, contendo a fundamentação que justifica a pontuação atribuída. A Comissão de Mérito poderá realizar entrevistas com todos candidatos inscritos para um mesmo subprojeto, caso julgue necessário.

7.2.2.4 – Após a análise de mérito e relevância de cada proposta, a **Comissão deverá recomendar**:

a) aprovação; ou

b) não aprovação.

7.2.2.5 – O parecer da Comissão de Avaliação de Mérito será registrado em Planilha de Julgamento, contendo a relação das propostas recomendadas e não recomendadas por projeto, com as respectivas pontuações finais, assim como outras informações e recomendações pertinentes.

a) propostas avaliadas com **média final 6,0 ou menor** serão consideradas **não aprovadas**.

7.2.2.6 – Para cada proposta recomendada, a Comissão de Avaliação de Mérito deverá sugerir o nível da bolsa a ser financiada.

7.2.2.7 – Durante a classificação das propostas pela Comissão de Avaliação de Mérito, o Gestor da Chamada e a Comissão de Pré-enquadramento responsável acompanharão as atividades e poderão recomendar ajustes e correções necessários.

7.2.2.8 – A Planilha de Julgamento será assinada pelos membros da Comissão de Avaliação de Mérito.

7.2.3 – Etapa III – Decisão do julgamento pelo Diretor do INPE

7.2.3.1 – O Diretor do INPE emitirá decisão do julgamento com fundamento na Nota Técnica elaborada pela Comissão de Pré-enquadramento, acompanhada dos documentos que compõem o processo de julgamento.

7.2.3.2 – Na decisão do Diretor do INPE deverão ser determinadas quais as propostas aprovadas por projeto, as respectivas classificações e níveis de bolsa recomendados.

8 – Resultado Preliminar do Julgamento

8.1 – A relação de todas as propostas julgadas, aprovadas e não aprovadas, será divulgada na página eletrônica do INPE, disponível na Internet no endereço www.inpe.br/pci

9 – Recursos Administrativos

9.1 – Recurso Administrativo do Resultado Preliminar do Julgamento

9.1.1 – Caso o proponente tenha justificativa para contestar o resultado preliminar do julgamento, poderá apresentar recurso em formulário eletrônico específico, disponível no endereço <http://www.inpe.br/pci/arquivos/formulario-de-Recurso.pdf>, no prazo de 02 (dois) dias úteis a partir da publicação do resultado na página do INPE.

10 – Resultado Final do Julgamento pela Diretoria

10.1 – A Diretoria do INPE emitirá decisão do julgamento com fundamento na Nota Técnica elaborada pela Comissão de Mérito, acompanhada dos documentos que compõem o processo de julgamento.

10.2 – O resultado final do julgamento pela Diretoria será divulgado na página eletrônica do INPE, disponível na Internet no endereço www.inpe.br/pci e publicado, por extrato, no **Diário Oficial da União, conforme CRONOGRAMA**.

11 – Comissão de Enquadramento

11.1 – O candidato que foi aprovado, considerando o número de bolsas informado no Edital, para cada código de projeto, terá sua documentação encaminhada para análise e ratificação do resultado final pela Comissão de Enquadramento.

12 – Execução das Propostas Aprovadas

12.1 – Caberá ao coordenador do Subprograma de Capacitação Institucional realizar as indicações dos bolsistas, seguida a ordem de classificação do resultado final do julgamento, após a aprovação pela Comissão de Enquadramento, conforme previsto na Portaria 2.195/2018 do MCTIC.

12.1.1 – No caso da aprovação de proposta do mesmo proponente, para mais de um projeto, caberá ao coordenador do Subprograma de Capacitação Institucional indicar o projeto a ser atendido.

12.2 – O coordenador do Subprograma de Capacitação Institucional poderá cancelar a bolsa, por rendimento insuficiente do bolsista ou por ocorrência, durante sua implementação, de fato cuja gravidade justifique o cancelamento, sem prejuízo de outras providências cabíveis em decisão devidamente fundamentada.

13 – Da Avaliação

13.1 – O desempenho do bolsista será avaliado pelo coordenador do Subprograma de Capacitação Institucional.

14 – Impugnação da Chamada

14.1 – Decairá do direito de impugnar os termos desta Chamada o cidadão que não o fizer até o prazo disposto no **CRONOGRAMA**.

14.1.1 – Caso não seja impugnada dentro do prazo, o proponente não poderá mais contrariar as cláusulas desta Chamada, concordando com todos os seus termos.

14.2 – A impugnação deverá ser dirigida à Direção do INPE, por correspondência eletrônica, para o endereço eletrônico pci.programa@inpe.br, seguindo as normas do processo administrativo federal.

15 – Validade da Chamada Pública e Projetos

15. 1 – O resultado da Chamada Pública em questão tem validade de 12 meses, a contar da data de publicação do resultado final.

15.2 – Todos os projetos, desta Chamada Pública, tem vigência de 3 meses, em decorrência da disponibilidade recursos financeiro. Em havendo disponibilidade de recursos financeiros, a partir de fevereiro de 2022, parte ou o total dos projetos/bolsas poderão ser prorrogadas até 31/12/2023.

16 – Disposições Gerais

16.1 – A presente Chamada regula-se pelos preceitos de direito público inseridos no caput do artigo 37 da Constituição Federal, pelas disposições da Lei nº 8.666/93, no que couber, e, em especial, pela RN 026/2018 do CNPq e Portaria 2.195/2018 do MCTIC.

16.2 – A qualquer tempo, a presente Chamada poderá ser revogada ou anulada, no todo ou em parte, seja por decisão unilateral da Direção do INPE, seja por motivo de interesse público ou exigência legal, em decisão fundamentada, sem que isso implique direito à indenização ou reclamação de qualquer natureza.

16.3 – A Direção do INPE reserva-se o direito de resolver os casos omissos e as situações não previstas na presente Chamada.

São José dos Campos, 23 de agosto de 2021.

Clézio Marcos de Nardin
Diretor do INPE



Documento assinado eletronicamente por **Clezio Marcos De Nardin, Diretor do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**, em 23/08/2021, às 10:14 (horário oficial de Brasília), com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <http://sei.mctic.gov.br/verifica.html>, informando o código verificador 8033340 e o código CRC 3F88C6FB.

Anexo I
do Edital
Nº 21/2021

Projeto 4: Projeto de Desenvolvimento e de Pesquisa dos Laboratórios Associados

Subprojeto 4.1: Desenvolvimento de Injetores de Propelentes Gelificados

4.1.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 4 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 444327/2018-5, disponível na página do INPE. Um Termo de Abertura de Projeto (TAP) deverá ser aberto para implementação do presente subprojeto.

Satélites, sondas espaciais e foguetes utilizam, na maioria das vezes, sistemas propulsivos químicos para efetuarem mudança de órbita, controle de atitude ou para posicionamento. Os sistemas propulsivos químicos podem ser de diferentes tipos e classificados conforme os estados físicos dos propelentes empregados: sólidos, líquidos, gelificados, a gás ou híbridos.

Ao longo dos últimos anos tem havido um crescente interesse pelo desenvolvimento de sistemas propulsivos de menor custo e que empreguem propelentes limpos - *green propellants* - ou seja, propelentes pouco tóxicos e de menor impacto ambiental. Diversos propelentes líquidos e gelificados “green” têm sido avaliados e propulsores testados usando esses propelentes.

Um propelente gelificado é uma mistura de um líquido e um agente gelificante que forma uma estrutura semisólida dentro da fase líquida. O comportamento não-newtoniano dos géis garante a esses fluidos as principais vantagens dos propelentes líquidos e sólidos. Os géis apresentam alta performance propulsiva, reduzida oscilação nos tanques e melhores características de manuseio e de segurança que os propelentes líquidos. Em consequência, vários estudos têm sido realizados nas últimas décadas quanto ao emprego de géis em motores foguete monopropelentes, bipropelentes ou híbridos.

Propulsores que usam propelentes gelificados podem ser reiniciados e ter controle de empuxo, de modo semelhante aos propulsores a propelentes líquidos. Além disso, os géis apresentam baixa propensão a vazamentos, têm menor risco de incêndio ou explosão, são insensíveis a fissuras, têm baixa pressão de vapor e podem manter partículas de alta energia em suspensão.

A atomização de propelentes gelificados é difícil devido à presença de macromoléculas entrelaçadas ou de partículas coloidais, resultando em altas viscosidades em comparação aos propelentes líquidos convencionais. As propriedades reológicas de um gel têm um efeito dominante sobre a formação do spray e são influenciadas pelo tipo de agente gelificante, quantidade deste agente, adição de partículas metálicas em suspensão e pela geometria interna do injetor. Estas características afetam a estabilidade e os mecanismos de ruptura dos jatos ou filmes formados durante o processo de atomização.

Os injetores são os elementos responsáveis pela atomização dos propelentes, gerando sprays dentro da câmara de combustão de um motor foguete. A formação de um spray resulta da ação das forças de inércia, viscósas e de tensão superficial sobre o fluido. A atomização pode ser efetuada por diferentes métodos de conversão de energia, por exemplo, pela aplicação de um diferencial de pressão, exposição do líquido a um escoamento de gás a alta velocidade ou aplicação de energia mecânica e de outras formas de energia externa.

Vários tipos de injetores são empregados em sistemas de propulsão, cabendo destacar os injetores de jatos colidentes, injetores pintle e injetores centrífugos os quais apresentam boa eficiência de atomização em um volume pequeno, permitindo reduzir o tamanho da câmara de combustão.

Relativamente poucos estudos existem na literatura sobre os processos de atomização de propelentes “green” e sobre a atomização conjunta de líquidos e géis. A pesquisa proposta visa, portanto, a realização de estudo teórico-experimental da

atomização de líquidos e géis, para melhor entendimento dos processos de atomização desses fluidos, bem como o desenvolvimento de um injetor tipo pintle para aplicações em sistemas de propulsão espacial.

Este subprojeto visa dar continuidade às pesquisas realizadas ao longo dos últimos 10 anos no Laboratório de Combustão e Propulsão da COPDT/INPE. Neste período foram desenvolvidos injetores centrífugos simples, centrífugos duais, jato-centrífugos, injetores de jatos colidentes, blurry, tipo Y e efervescentes com a atomização de líquidos e géis visando aplicações espaciais e industriais.

4.1.2 - Objetivo Geral

O objetivo geral do projeto 4 está vinculado diretamente às diretrizes estratégicas do INPE, conforme a sua descrição:

“Desenvolver produtos, processos, protótipos, softwares e técnicas inovadoras nas áreas de novos materiais e sensores, tecnologia de plasma, combustão e propulsão, engenharia espacial, computação e matemática aplicada para atender missões espaciais e suas aplicações.”

Objetivo Específico 4.7: “Desenvolvimento de injetores de propelentes gelificados”.

4.1.3 - Insumos

4.1.3.1 – Custeio

Não há previsão de despesas de custeio (passagens e diárias).

4.1.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
4.1.1	Profissional formado em Engenharia e Tecnologia Espaciais, Aeronáutica, Aeroespacial, Engenharia Química ou áreas afins com 10 (dez) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação, após a obtenção do diploma de nível superior ou com título de doutor há, no mínimo, 2 (dois) anos; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 6 (seis) anos.	Técnicas experimentais com fluidos, mecânica dos fluidos teórica a nível de pós-graduação	4.7	D-A	3	1

4.1.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Revisão bibliográfica	4.7	Relatório			X	X	
Projeto de Injetor Pintle	4.7	Relatório				X	

4.1.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre									
	2019		2020		2021		2022		2023	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Revisão bibliográfica						X	X			
Projeto de Injetor Pintle							X			

4.1.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Projeto de Injetor Pintle	4.7	Desenhos do Injetor				X	

4.1.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Capacidade de Projeto de Injetor Pintle	4.7	Desenhos do injetor				X	

4.1.8 - Recursos Solicitados

Não foram solicitados recursos de custeio.

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00	3	1	15.600,00
	B	4.160,00			
	C	3.380,00			
	D	2.860,00			
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					15.600,00

4.1.9 - Equipe do Projeto

Fernando de Souza Costa – Pesquisador Titular do LCP/COPDT/INPE
José Carlos de Andrade – Técnico do LCP/COPDT/INPE
Francisco Carlos de Almeida – Técnico do LCP/COPDT/INPE
Danilo Almeida Machado – Doutorando ETE do INPE
Bolsista PCI – a definir

4.1.10 - Referências Bibliográficas

- Bayvel, L., and Orzechowski, Z., *Liquid Atomization*, Taylor and Francis, London, 1993.
- Ciezki, H. K., Zhukov, V., Werling, L., Kirchberger, C., Naumann, C., Friess, M., and Riedel, U., “Advanced Propellants for Space Propulsion – A Task Within the DLR Interdisciplinary Project “Future Fuels”,” *8th European Conference for Aeronautics and Space Sciences EUCASS*, pp. 1–13, 2019.
- Fischer, G. A. A., “Atomização de Géis por Injetores Centrífugos e Jato-Centrífugos para Aplicações em Propulsão de Foguetes,” *Ph.D. Dissertation*, Combustion and Propulsion Laboratory, National Institute for Space Research, Brazil, 2019.
- Ghafourian, A., Mahalingam, S., Dindi, H. and Daily, J.W., 1991. “A Review of Atomization in Liquid Rocket Engines”. *29th Aerospace Sciences Meeting*, Reno, Nevada, US.
- Ibrahim, E.A. and Przekwas, A.J., 1991. “Impinging Jets Atomization”. *Phys.Fluids A*, Vol. 3, No. 12, pp. 2981–2987.
- Kang, Z., Wang, Z., Li, Q., and Cheng, P., “Review on Pressure Swirl Injector in Liquid Rocket Engines,” *Acta Astronautica*, Vol. 145, pp. 174–198, 2018.
- Khavkin, Y. I., *Theory and Practice of Swirl Atomizers*, Taylor and Francis, New York, 2004.
- Kirchberger, C., Kurilov, M., Stiefel, A., Freudenmann D., and Ciezki, H., “Investigations on Rheology, Spray and Combustion Processes of Gelled Propellants at DLR Lampoldshausen,” *8th European Conference for Aeronautics and Space Sciences EUCASS*, pp. 1–11, 2019.
- Lefebvre, A. H., and McDonnell, V. G., *Atomization and Sprays*, 2nd ed., Taylor and Francis, London, 2017.
- Madlener, K., and Ciezki, H. K., “Estimation of Flow Properties of Gelled Fuels with Regard to Propulsion Systems,” *Journal of Propulsion and Power*, Vol. 28, No. 1, pp. 113–121, 2012.
- Metzner, A. B., and Reed, J. C., “Flow of Non-Newtonian Fluids – Correlation of the Laminar, Transition, and Turbulent-Flow Regions,” *AIChE Journal*, Vol. 1, No. 4, pp. 434–440, 1955.
- White, F. M., *Fluid Mechanics*, 8th ed., McGraw-Hill, New York, 2017.

Projeto 4: Projeto de Desenvolvimento e de Pesquisas dos Laboratórios Associados

Subprojeto 4.2: Desenvolvimento de catalisador para decomposição de peróxido de hidrogênio nas condições adequadas para avaliação em protótipo de propulsor 2N.

4.2.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 4 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 444327/2018-5, disponível na página do INPE. Está relacionado ao Termo de Abertura de Projeto – TAP SEI número 01340.003229/2021-41 intitulado Desenvolvimento de suportes e catalisadores para decomposição de green propellants.

Os propulsores químicos convencionais usados em sistemas propulsivos de satélites e motores de apogeu fazem uso de um propelente tóxico, cancerígeno, letal e classificado como substância explosiva pelo Exército Brasileiro denominada hidrazina. Para diminuição do impacto ambiental e visando a saúde das pessoas, vem sendo desenvolvimento, internacionalmente, tecnologias para emprego de propelentes atóxicos com mínimo de prejuízo para o meio ambiente.

Dentre as diversas substâncias candidatas ao uso como propelente limpo, temos o peróxido de hidrogênio conhecido popularmente como água oxigenada que, em concentração acima de 85%, podem ser usadas com esta finalidade. Sua reação de decomposição produz vapor de água e gás oxigênio que não prejudica o nosso ecossistema. O óxido nitroso é outro propelente, conhecido como gás hilarante, sua decomposição fornece como produto gases nitrogênio e oxigênio que também não agredem a natureza.

A aplicação destas substâncias como propelentes em propulsores para controle de órbita e atitude em sistemas monopropulsivos, dependem basicamente, do desenvolvimento de um catalisador que, além de decompor estes produtos, suporte as condições impostas nas operações de lançamento e do meio da reação química de decomposição de cada um destes propelentes. No caso do peróxido de hidrogênio, o catalisador, além de suportar temperaturas de 700°C não pode perder suas propriedades e reatividade na presença de água. A água pode, na maioria das vezes, provocar desgastes superficiais, tais como esfarelamento ou ruptura dos grãos do catalisador, que afetariam o desempenho do catalisador e consequentemente, o tempo da missão do satélite no qual estiver embarcado. No caso do óxido nitroso, o catalisador tem que funcionar a várias partidas e suportando em cada uma delas a temperatura de decomposição de 1600°C sem perder suas propriedades.

Neste projeto, pretende-se obter catalisadores suportados para decomposição de peróxido de hidrogênio com especificações de morfologia, seletividade e propriedades física e química, para emprego em sistemas propulsivos de baixo empuxo para satélites artificiais. Para esta fase, será estudado o suporte do catalisador, hexaaluminato de bário e hexaaluminato de lantânio, por ser um bom candidato como suporte catalítico para decomposição destes dois propelentes. O princípio ativo a ser utilizado será o óxido misto de cobalto e manganês que apresentam boa resposta na decomposição do peróxido de hidrogênio. Será desenvolvido um modelo de propulsor 2N com capacidade para estudo do dimensionamento da câmara catalítica para estudos futuros do desempenho dos catalisadores desenvolvidos e simultaneamente fornecer dados para confecção de um protótipo de propulsor.

4.2.2 - Objetivo Geral

O Objetivo Geral deste projeto visa obtenção de um catalisador que possa ser utilizado em sistemas propulsivos de satélites. Considerado como uma tecnologia crítica para funcionamento de monopropulsores do controle de atitude e altitude de satélites. Estando de acordo com o Objetivo Estratégico 2 (OE2) do Projeto Institucional de “Realizar atividades de pesquisa e desenvolvimento para o domínio de tecnologias críticas e geração de produtos e processos inovadores necessários ao Programa Espacial Brasileiro, com ênfase na transferência de conhecimento ao setor produtivo”

Objetivo Específico 1: Levantamento bibliográfico sobre a temática do projeto.

Objetivo Específico 2: Moldagem dos hexaaluminatos de bário e de lantânio para adequação do material a ser condicionado na câmara catalítica do propulsor de 2N.

Objetivo Específico 3: Desenvolvimento dos catalisadores para decomposição do peróxido de hidrogênio pela impregnação dos óxidos de cobalto e manganês na superfície do hexaaluminato de bário e de lantânio.

Objetivo Específico 4: Caracterização morfológica, estrutural e composição dos catalisadores desenvolvidos.

Objetivo Específico 5: Projeto e desenvolvimento de modelos dos protótipos de propulsor 2N para testes em escala laboratorial com uso de impressora 3D.

4.2.3 - Insumos

4.2.3.1 – Custeio

Finalidade	Item de Custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)

4.2.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
4.2.1	Profissional formado em Engenharia Química, Engenharia de Materiais, Engenharia Mecânica ou áreas afins com 10 (dez) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação, após a obtenção do diploma de nível superior ou com título de doutor há, no mínimo, 2 (dois) anos; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 6 (seis) anos.	Ciências e tecnologias espaciais; Química com especialização na área de catálise ou química analítica; especialização na área de materiais ou com experiência em caracterização de materiais	1	D-A	3	1

4.2.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2021
Atividade 1 – Levantamento bibliográfico	1	Dados bibliográficos completo até final de 2021	X
Atividade 2 – moldagem dos hexaaluminatos de bário e de lantânio	2	Suporte de catalisador moldados	X
Atividade 3 – impregnação dos princípios ativos na superfície do suporte	3	Catalisador para decomposição do peróxido de hidrogênio pronto	X
Atividade 4 – Caracterização dos catalisadores obtidos	4	Catalisadores caracterizados com uso de equipamentos laboratoriais	X
Atividade 5 - Desenvolvimento do projeto de um protótipo de propulsor 2N com adaptações para testes e levantamento de dados	5	Modelo do Protótipo montado em impressora 3D	X

4.2.5 – Cronograma de Atividades

Atividade 2	x								
Atividade 3		x							
Atividade 4		x							
Atividade 5		x							

4.2.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2021
Hexaaluminato de bário e lantânio moldados para câmara catalítica	2	Suporte de catalisador moldados	X (3 meses)
Catalisador óxido misto cobalto e manganês/hexaaluminato de bário e lantânio	3	Catalisador para decomposição do peróxido de hidrogênio pronto	X (3 meses)
Catalisadores caracterizados em instrumentação laboratorial	4	Catalisadores caracterizados com uso de equipamentos laboratoriais	X (3 meses)
Projeto e modelo do protótipo de propulsor 2N	5	Modelo do Protótipo montado em impressora 3D	X (3 meses)

4.2.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2021
Qualificação da equipe para estudo do sistema de propulsão green propellants	11	Habilitação da equipe no sistema propulsivo completo para green propellant – peróxido de hidrogênio	x

4.2.8 - Recursos Solicitados

Custeio	Valor (R\$)
Diárias	0
Passagens	0

Total (R\$)	0
-------------	---

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00	3	1	15.600,00
	B	4.160,00	-	-	-
	C	3.380,00	-	-	-
	D	2.860,00	-	-	-
	E	1.950,00	-	-	-
	F	900,00	-	-	-
PCI-E	1	6.500,00	-	-	-
	2	4.550,00	-	-	-
Total (R\$)				15.600,00	

4.2.9 - Equipe do Projeto

Bolsista PCI-A;
Dra. Sayuri Okamoto;
Dr. Isaías Oliveira;
Dr. Maurício Ribeiro Baldan;
Dr. Sérgio Mineiro.

4.2.10 - Referências Bibliográficas

- [1] GAO, J. et al. Nickel Catalysts Supported on Barium Hexaaluminate for Enhanced CO Methanation. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v.51, 10345-10353, 2012.
- [2] GROPPPI, G. et al. Preparation and characterization of hexaaluminate-based materials for catalytic combustion. **Applied Catalysis A: General** , v.104, 101-108, 1993.
- [3] PEREIRA, L. G. F. **Efeito da estrutura de espinélios mistos de cobalto e manganês na decomposição catalítica do peróxido de hidrogênio para aplicação em propulsores de satélites**. 2017. Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da Universidade de São Paulo, Lorena, 2017. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/97/97134/tde-03122018-165358/>. Acesso em: 16 maio. 2019.
- [4] AMROUSSE, R.; TSUTUMI, A. Novel Rh-substituted hexaaluminate catalysts for N₂O decomposition, **Catalysis Science and Technology**, v.6, 438-441, 2016.

Projeto 4: Projeto de Desenvolvimento e de Pesquisa dos Laboratórios Associados

Subprojeto 4.3: Testes de Equipamento e Processos no INPE, seu descomissionamento e sua adaptação e recomissionamento no CTI.

4.3.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 4 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 444327/2018-5, disponível na página do INPE. Está relacionado ao Termo de Abertura de Projeto – TAP 01340.0034042021-08.

Este projeto visa completar a instalação um laboratório de fabricação de dispositivos micro-eletro-mecânicos de silício e materiais compatíveis, que seja uma plataforma para o desenvolvimento de dispositivos necessários, úteis ou promissores para uso nas missões-fim do INPE, especialmente as da ETE. Esse laboratório é focado em um ramo de micro-fabricação comumente conhecido como “bulk micromachining” baseado em corrosão e adesão de substratos.

A etapa final desta instalação é a transferência das instalações e equipamentos para o CTI - Centro de Pesquisas Renato Archer, do MCTI, visando racionalizar o uso dos recursos públicos cada vez mais escassos, e em particular recursos humanos, com a perspectiva de aposentadoria do especialista remanescente no INPE.

O INPE sofre com a escassez de produtos avançados – como microssistemas, MEMS, CI's tolerantes à radiação, entre outros, em especial para as aplicações espaciais. O CTI atua em microeletrônica e em microssistemas e tem mantido e ampliado seus laboratórios. Juntos o CTI e o INPE dominam tecnologias complementares para um grande conjunto de aplicações adicionais, bem como para acelerar o cumprimento das metas alinhadas com suas missões institucionais. O projeto irá proporcionar a ambos os parceiros acesso a um conjunto completo de processos e tecnologias para suas finalidades conjuntas ou individuais.

O escopo é muito mais do que uma simples mudança de equipamento “turn-key”. As atividades envolvidas requerem bastante conhecimento e experiência em processos de microfabricação, entendimento do funcionamento dos equipamentos e processos, e especificação de infraestrutura e utilidades; e, especialmente, qualificação para a instalação final nos pontos de uso. É necessário mão-de-obra altamente qualificada.

4.3.2 - Objetivo Geral

O projeto está vinculado ao

Objetivo Geral: “Desenvolver produtos, processos, protótipos, softwares e técnicas inovadores nas áreas de novos materiais e sensores, tecnologia de plasma, combustão e propulsão, engenharia espacial, computação e matemática aplicada para atender missões espaciais e suas aplicações durante o período deste projeto”

E dentro dele, ao

Objetivo Específico 1 – Pesquisa e desenvolvimento em dispositivos micro-eletromecânicos para aplicações espaciais, com ênfase na utilização de silício e materiais relacionados na fabricação de dispositivos e estruturas - giroscópios, acelerômetros, propulsores, sensores de campos magnéticos e microrrelês.

4.3.3 - Insumos

4.3.3.1 – Custeio

Finalidade	Item de Custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)
Apoiar os deslocamentos necessários ao desenvolvimento do projeto entre o INPE em São Jose dos Campos, SP e o CTI em Campinas, SP.	Diárias	R\$ 1000,00

4.3.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
4.3.1	. Profissional formado em Ciências Exatas, Engenharia ou áreas afins com 10 (dez) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação, após a obtenção do diploma de nível superior ou com título de doutor há, no mínimo, 2 (dois) anos; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 6 (seis) anos.	Experiência em processos, equipamentos e infra-estrutura de microfabricação em silício e materiais relacionados. Capacidade e habilidade para instalar e calibrar processos de microfabricação; Capacidade e habilidade para instalar, desinstalar, e tornar operantes equipamentos de microfabricação; Capacidade e habilidade para especificar, desinstalar e instalar infraestrutura de microfabricação.	1	D-A	3	1

4.3.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			2020	2021	2022	2023

Atividade 1 Testes de Equipamento e Processos; desligamento desmontagem e embalagem de equipamentos e materiais no INPE	1	Equipamentos e materiais Prontos embalar e transportar com segurança.		X			
Atividade 2 Transporte	1	Equipamentos e materiais transportados para o CTI			X		
Atividade 3 Instalação	1	Equipamentos instalados no CTI			X		
Atividade 4 Caraterização de processos	1	Equipamentos e processos operantes no CTI			X		

4.3.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre									
	2020		2021		2022		2023		2024	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Atividade 1				X						
Atividade 2				X	X					
Atividade 3					X					
Atividade 4					X					

4.3.6 – Produtos

Denominam-se produtos, os frutos diretos e quantificáveis das atividades do projeto, entregues imediatamente pela realização de suas atividades [1].

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2020	2021	2022	2023	2024
Produto 1	1	Equipamentos instalados no CTI			X		
Produto 2	1	Equipamentos e processos operantes no CTI:			X		

4.3.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2020	2021	2022	2023	2024
Resultado 1	1	Processos operantes no CTI			X		
Ver abaixo*							

* O projeto deve estabelecer e comprovar novos fluxos de processo de micro-dispositivos aplicados a microssistemas e garantir acesso para ambas as instituições a estes processos para o avanço das missões institucionais.

O CTI terá a capacidade de acelerar a prototipagem de uma grande gama de dispositivos inovadores com o acesso a capacidades únicas das quais a instituição não dispõe no momento, tais como:

- corrosão profunda de silício; corrosão de óxidos e vidros;
- oxidação e difusão compatíveis com CMOS;
- capacidade de deposição adicional de metais de alta pureza sem contaminação cruzada;
- outros

4.3.8 - Recursos Solicitados

Recursos de custeio destinados exclusivamente a diárias com o objetivo de: apoiar os deslocamentos necessários ao desenvolvimento do projeto entre o INPE em São Jose dos Campos, SP e o CTI em Campinas, SP.

Custeio	Valor (R\$)
Diárias	R\$ 1000,00
Passagens	
Total (R\$)	R\$ 1000,00

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00	3	1	15.600.00

4.3.9 - Equipe do Projeto

Jose Roberto Sbragia Senna, COPDT/INPE

Roberto Panepucci, DINAM/CTI

Serguei Balachov, DINAM/CTI

Thebano Santos, DINAM/CTI

Ricardo Cotrin Teixeira, DIMES/CTI

Saulo Finco, DIPAQ/CTI

Bolsista a ser contratado por esta solicitação.

Projeto 4: Projeto de Desenvolvimento e de Pesquisas dos Laboratórios Associados

Subprojeto 4.4: Testes de verificação de modelo numérico multidimensional multiescala MPI paralelo de magnetofluidos para aplicações espaciais: fase 1

4.4.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 4 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 444327/2018-5, disponível na página do INPE. Está relacionado ao Termo de Abertura de Projeto – TAP 7736148, processo SEI nº 01340.003199/2021-72 designado como Pesquisa multiescala adaptativa numérico-computacional para aplicações no estudo de plasmas espaciais

O projeto em questão auxilia nos testes de verificação de modelo da magnetofluidodinâmica de alta performance computacional em ambiente MPI paralelo, baseando em estruturas de vanguarda utilizando técnicas wavelet adaptativas no refinamento de malhas em subdomínios hierárquicos (patches). Este projeto insere-se nos esforços de projeto guia da pesquisadora no SPEED-Fpro, envolvendo a COPDT da CGIP e DIHPA e DIAST da CGCE, do INPE.

A pesquisa descrita preocupa-se no desenvolvimento de uma modelagem adaptativa com alto desempenho computacional fundamental para futuras previsões numéricas do tempo espacial que afeta a Terra, dotando o país de capacidade competitiva internacional em áreas estratégicas, como, por exemplo, telecomunicações, aeronavegação e georreferenciamento.

4.4.2 - Objetivo Geral

Considerando o programa de capacitação institucional – PCI 2019-2023, que cuida da pesquisa e desenvolvimento em ciências e tecnologias espaciais e suas aplicações, no contexto do Projeto 4 – Pesquisa e desenvolvimento em Ciências Espaciais e Atmosféricas, lidam-se com os objetivos específicos do programa OE1 (Desenvolvimento de pesquisas básicas e aplicadas em Computação e Matemática Aplicada para as Ciências, tecnologias e aplicações espaciais) e OE2 (Desenvolvimento de pesquisa básica e aplicada envolvendo aspectos teóricos, processos e experimentos em física e tecnologia de plasmas).

O objetivo geral deste projeto aqui especificado é testar e documentar desenvolvimentos realizados em ambiente de alta performance de magnetofluidodinâmica, avaliando situações críticas e de interesses físicos ou numéricos específicos.

Para alcançar o Objetivo Geral do projeto proposto, realizar-se-ão os seguintes objetivos específicos:

OE1: Seleção de testes de verificação e desempenho

OE2: Desenvolvimento de métricas e técnicas de visualização para os resultados da verificação

OE3: Avaliação do comportamento físico-numérico-computacional dos resultados de verificação e resolução de possíveis problemas identificados

OE4: Documentação dos modelos e verificações trabalhados.

OE5: Interpretação, discussão e conclusão das verificações

OE6: Publicação de relatório técnico ou artigo

4.4.3 - Insumos

4.4.3.1 – Custeio

Descrever recursos de custeio destinados a diárias e passagens com o objetivo de:

- a) apoiar a participação de integrantes da equipe do projeto em estágios, cursos ou visitas no País, para aquisição de conhecimentos específicos e necessários ao desenvolvimento do projeto;
- b) possibilitar a participação de consultores ou instrutores especializados, brasileiros ou estrangeiros, como forma de complementação da competência das equipes.

Finalidade	Item de Custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)

4.4.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
4.4.1	Profissional formado em Matemática Aplicada, Computação Aplicada, Física, Engenharia ou áreas afins com 7 (sete) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior; ou com título de doutor; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 4 (quatro) anos.	Computação Científica ou fluidodinâmica computacional Lidar com ambiente computacional de alto desempenho e modelos de simulação numérica de EDP	OE1-OE6	D-B	3	1

4.4.4 - Atividades de Execução

Descrever as atividades que levarão ao cumprimento dos objetivos específicos do projeto 1.

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
1 . Desenvolvimento de códigos numéricos para o estudo de instabilidades em plasmas espaciais	OE1	% execução			Levantamento de testes e testes iniciais	Publicar relatório ou artigo	

4.4.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre									
	2019		2020		2021		2022		2023	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1. Desenvolvimento de códigos numérico e teórico para o estudo de instabilidades em plasmas espaciais					X	X				

4.4.6 – Produtos

Denominam-se produtos, os frutos diretos e quantificáveis das atividades do projeto, entregues imediatamente pela realização de suas atividades [1].

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Relatório científico/técnico do projeto	OE1 e OE2	Número de publicação de relatório ou de artigo			Esboço de documento científico	Relatório ou artigo com os resultados	

4.4.7 – Resultados Esperados

Os resultados são mudanças observadas no curto prazo sobre indivíduos, grupos ou instituições, como resultado da intervenção realizada [1].

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Contribuição de publicação de relatório ou de artigo científico	OE1 e OE2	Contribuição para percentual de publicações			0	1	

4.4.8 - Recursos Solicitados

Apresentar a totalidade de recursos solicitados para o Subprograma de Capacitação Institucional.

Custeio:

Recursos de custeio destinados exclusivamente a diárias e passagens com o objetivo de:

- a) apoiar a participação de integrantes da equipe do projeto em estágios, cursos ou visitas no País, para aquisição de conhecimentos específicos e necessários ao desenvolvimento do projeto;
- b) possibilitar a participação de consultores ou instrutores especializados, brasileiros ou estrangeiros, como forma de complementação da competência das equipes.

Custeio	Valor (R\$)
Diárias	
Passagens	
Total (R\$)	

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00	3	1	12.480,00
	C	3.380,00			
	D	2.860,00			
	E	1.950,00			
	F	900,00			
Total (R\$)					12.480,00

4.4.9 - Equipe do Projeto

O bolsista deste projeto PCI interagirá com a pesquisadora Dra. Margarete Oliveira Domingues (gerente do projeto), Matemática Aplicada e Computação Científica (COPDT/CGIP), e colaboradores atuais na estrutura SPEED-Fpro: Dr. Odim Mendes, Física Espacial (DIHPA/CGCE), Dr. Renato Dallaqua, Física de plasmas de Laboratório (COPDT/CGIP) e Dr. Oswaldo Duarte Miranda, Astrofísica (DIDAS/CGCE). Outros pesquisadores e colaboradores poderão se engajar no projeto, oriundos de outras instituições nacionais e internacionais e também participantes de programas de pós-graduação (mestrado e doutorado), iniciação científica e estágios técnico-científicos.

4.4.10 - Referências Bibliográficas

Baumjohann, W., Treumann, R. A. Basic Space Plasma Physics. London, Imperial College, 2004.

Feng, X. Magnetohydrodynamic modeling of the solar corona and heliosphere. Singapore, Springer, 2020.

Moreira Lopes et al. Magnetohydrodynamics adaptive solvers in the AMROC framework for space plasma applications. Cartesian CFD Methods for Complex Applications. Deiterding et al. (Ed.), Springer, 2021.

Artigos científicos específicos.

[1] Avaliação de Políticas Públicas: Guia Prático de Análise Ex Ante, volume 1, IPEA, 2018.

Projeto 4: Projeto de Desenvolvimento e de Pesquisas dos Laboratórios Associados

Subprojeto 4.5: Desenvolvimento de Linhas de Transmissão Não Lineares para Geração de RF

4.5.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 4 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 444327/2018-5, disponível na página do INPE. Está relacionado ao Termo de Abertura de Projeto – TAP, processo SEI Nº 01340.003240/2021-19, intitulado “Eletromagnetismo Aplicado”.

Linhos de Transmissão Não Lineares (LTNLs) como as discretas têm se demonstrado promissoras para geração de radiofrequência (RF), com publicações que provam sua capacidade em alcançar 1.0 GHz. Este projeto de pesquisa visa o estudo desse tipo de estrutura para substituir tubos eletrônicos que são empenhados hoje em dia para a comunicação com o satélite, os quais são grandes e pesados, demandando considerável potência do sistema. A vantagem na técnica proposta é gerar a RF provida por esses tubos, mas de forma compacta, consumindo menos potência e com custo efetivo mais baixo. A linha discreta é caracterizada de forma especial para ser embarcada em satélites miniaturizados, uma vez que estes possuem limitações de tamanho. Para isso, estudos relacionados às LTNLs precisam ser realizados, além do desenvolvimento de um pulsador rápido com tamanho reduzido utilizado para alimentar a linha, para a possível operação espacial. A ideia é utilizar um gerador que já possuímos no laboratório como parâmetro para projetar uma versão compactada, sendo este um dos maiores desafios. Realizaremos testes de medição e irradiação do gerador e arremataremos com simulações Spice para validação dos resultados. Ademais, considerando o interesse do instituto em desenvolver satélites miniaturizados, esta pesquisa complementa outras linhas já em progresso no INPE. Outra linha que se beneficia com essa pesquisa é a giromagnética, com aplicabilidade tanto espacial quanto militar. Em suma, esta linha de pesquisa tem importante impacto científico espacial, e ambiciona-se o estudo de sua aplicabilidade em sistemas embarcados, com probabilidade de resultar em um produto patenteável.

4.5.2 - Objetivo Geral

Desenvolver produtos, processos, protótipos, softwares e técnicas inovadores nas áreas de novos materiais e sensores, tecnologia de plasma, combustão e propulsão, engenharia espacial, computação e matemática aplicada para atender missões espaciais e suas aplicações durante o período deste projeto.

OE 1: Desenvolver pesquisa básica e aplicada envolvendo aspectos teóricos, processos e experimentos em física e tecnologia de plasmas.

OE 2: Desenvolvimento de Linhas de Transmissão Não-Lineares (LTNL) para geração de RF, e de cerâmicas não lineares a base de bismuto de zinco para aplicações em LTNL.

4.5.3 - Insumos

4.5.3.1 – Custo

Finalidade	Item de Custo (diárias/passagens)	Valor (R\$)

4.5.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
4.5.1	Profissional formado em Engenharia Elétrica/Eletrônica, ou Telecomunicações ou Física, ou áreas afins, com 10 (dez) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação, após a obtenção do diploma de nível superior ou com título de doutor há, no mínimo, 2 (dois) anos; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 6 (seis) anos.	Ter experiência com projetos na geração de RF de micro-ondas	1	D-A	3	1

4.5.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas		
			Nov.	Dez.	Jan.
Construção de um protótipo- LNTL capacitiva discreta compacta	2.1	% execução	100		
Testes em laboratório (irradiação)	2.1	% execução		50	50

4.5.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Quinzena					
	Nov.		Dez.		Jan.	
	1	2	1	2	1	2
Construção de um protótipo- LNTL capacitiva discreta compacta	X	X				
Testes em laboratório (irradiação)			X	X	X	X

4.5.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas		
			Nov.	Dez.	Jan.
Construção do dispositivo	2	entrega	X		
Medição da frequência gerada	2			X	
Medição da irradiação	2				X
Submissão de 1 artigo em revista	2				X

4.5.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas		
			Nov.	Dez.	Jan.
Capacitação de Tecnologias para uso em Sistemas Embarcados	2.1	Técnicas de geração de RF	X	X	X

4.5.8 - Recursos Solicitados

Custeio:

Custeio	Valor (R\$)
Diárias	
Passagens	
Total (R\$)	

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00	3	1	15.600,00
	B	4.160,00			
	C	3.380,00			
	D	2.860,00			
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					15.600,00

4.5.9 - Equipe do Projeto

Servidores:

José Osvaldo Rossi

Elizete Gonçalves Lopes Rangel

Joaquim Paulino Leite Neto

4.5.10 - Referências Bibliográficas

[1] Avaliação de Políticas Públicas: Guia Prático de Análise Ex Ante, volume 1, IPEA, 2018.

Projeto 4: Projeto de Desenvolvimento e de Pesquisas dos Laboratórios Associados

Subprojeto 4.6: Caracterização de Materiais Absorvedores de Radiação Eletromagnética (MARE) em Ensaios Eletromagnéticos de Propagação em Espaço Livre

4.6.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 4 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 444327/2018-5, disponível na página do INPE. Está relacionado ao Termo de Abertura de Projeto – TAP 7736148, processo SEI nº 01340.003235/2021-06 com o título “Materiais Absorvedores de Radiação Eletromagnética”

O presente projeto objetiva prover soluções e incrementar as competências institucionais do INPE no que tange o desenvolvimento, produção e caracterização de materiais avançados para aplicações espaciais, em especial, no contexto de materiais absorvedores de radiação eletromagnética (MARE), como filtros eletromagnéticos (FE), e/ou blindagem eletromagnética os quais possuem aplicações na proteção de sistemas e dispositivos eletrônicos embarcados em satélites.

De forma contextual, a função primária de um filtro eletromagnético é proteger um dispositivo eletrônico. No setor aeroespacial a transmissão e recepção de dados pode sofrer influência de diferentes dispositivos acoplados ao satélite. Neste sentido, FE devem ser utilizados para minimizar as perdas de sinais e aumentar a eficiência dos dispositivos. Destaca-se ainda que a transmissão e recepção de dados é um dos principais parâmetros para dispositivos de comunicação sem fio, radares e redes locais. A eliminação de sinais espúrios aumenta significativamente a performance dos equipamentos. Assim, busca-se a solução de compromisso ótimo na produção de um material, agregando-se alta capacidade de atenuação de onda eletromagnética (superior a 90 % de atenuação), e ainda almejando-se a obtenção de um material leve. O desenvolvimento de MARE, filtros eletromagnéticos ou a blindagem eletromagnética, tem se tornado cada vez mais relevante, uma vez que dispositivos eletrônicos geram poluição eletromagnética que são prejudiciais a outros sistemas. As faixas espectrais eletromagnéticas de interesse no presente projeto compreendem as bandas, X (8.2 GHz – 12.4 GHz), Ku (12.4 GHz – 18 GHz), K (18 GHz– 26.5 GHz) e Ka (26.5 GHz – 40 GHz). Ainda, serão avaliados materiais na forma de estruturas de monocamada e também estruturas de multicamadas.

Uma atividade de grande relevância no contexto do projeto foi desdobrada no subprojeto intitulado: Caracterização de Materiais Absorvedores de Radiação Eletromagnética (MARE) em Ensaios Eletromagnéticos de Propagação em Espaço Livre. Tais atividades compreendem a montagem, calibração e execução dos ensaios eletromagnéticos experimentais, que visam estudar o comportamento eletromagnético de materiais, cujas propriedades como transmissão, reflexão e espalhamento de ondas eletromagnéticas, entre outros, são de grande interesse [2,3]. Para isso, um sistema de medição / caracterização de materiais, denominado: Mesa de Caracterização Eletromagnética de Materiais por Ondas Propagadas em Espaço Livre ou simplesmente, mesa de ensaios em espaço livre (MEEL), o qual está em fase de implementação, e compõe, deste modo parte essencial da infraestrutura laboratorial em termos de equipamentos necessários para o sucesso das atividades do presente projeto.

Atualmente o COPDT/MAPA dispõe de dois (02) Vector Network Analyser (VNA) que cobrem toda a faixa de frequência que será abordada no projeto. O laboratório de caracterização eletromagnética em ondas guiadas encontra-se em pleno funcionamento e apto para o desenvolvimento do projeto, não sendo necessário nenhuma aquisição nesta fase inicial do projeto. A pesquisa atual na área de materiais absorvedores trabalha no desenvolvimento de materiais carbonosos e ferritas. Muitos destes materiais são produzidos dentro do COPDT. No entanto, o grande desafio é a busca por um material com um índice de absorção abaixo de -10dB, ou seja, 90% de atenuação. Porém a

produção de um material absorvedor leve e com possibilidade de ser embarcado em satélites ainda é um grande desafio. A implementação da MEEL já dispõe das antenas necessárias para os testes iniciais, porém o projeto dos porta amostras, montagem e alinhamento das antenas e calibração do VNA em todas as faixas de estudos são fundamentais para a execução do projeto. Uma parte importante do projeto é a construção de antenas e filtros eletromagnéticos, porém inicialmente, o projeto irá trabalhar com antenas adquiridas no mercado

4.6.2 - Objetivo Geral

Dentro das perspectivas da Coordenação de Pesquisa Aplicada e Desenvolvimento Tecnológico (COPDT), vinculada à Coordenação-Geral de Infraestrutura e Pesquisas Aplicadas (CGIP), o projeto de Materiais Absorvedores de Radiação Eletromagnética está alinhado através das seguintes competências relacionadas no Artigo 68 Regimento Interno do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Portaria Nº 3.446, de 10 de setembro de 2020):

IV - buscar o domínio de tecnologias de ponta e de interesse estratégico às atividades espaciais ou correlatas, no âmbito de sua competência;

VI - contribuir para a formação de recursos humanos, em nível de graduação e de pós-graduação, no âmbito de sua competência;

VII - realizar projetos de consultoria, pesquisa e desenvolvimento de combustão e catálise, materiais especiais, dispositivos e sensores espaciais e ambientais, processos e suas caracterizações nas áreas de interesse espacial ou correlatas;

VIII - obter o domínio de técnicas, processos e desenvolvimento de tecnologias críticas em suas áreas de atuação, assim:

Objetivos gerais (OG):

1 - Objetiva-se obter o domínio das técnicas e tecnologias relacionadas ao projeto, desenvolvimento, processos e caracterização de materiais absorvedores de radiação eletromagnética (MARE) para aplicações espaciais, em especial para uso em satélites.

2 - Prover meios para capacitar e reter talentos/recursos humanos de alto nível, no âmbito das atividades em materiais avançados para aplicações aeroespaciais.

Objetivos Específicos (OE)

Objetivo Específico 1: Aquisições, Design/Projeto, Fabricação, Montagem e Calibração dos Equipamentos (OG-1).

Objetivo Específico 2: Produção de Materiais Absorvedores de Radiação Eletromagnética. (OG-1).

Objetivo Específico 3: Caracterização Eletromagnética em Ondas Guiadas das Amostras Produzidas (OG-1).

Objetivo Específico 4: Escolha dos Materiais a Serem Caracterizados em Espaço Livre (OG-1), com base em requisitos e aplicações específicas para banda de operação.

Objetivo Específico 5: Produção de Amostras para Ensaios de Caracterização em Espaço Livre (OG-1).

Objetivo Específico 6: Caracterização de amostras e material (ou materiais) selecionado(s) em mesa de ensaios de espaço livre (MEEL) (OG-1).

Objetivo Específico 7: Design, fabricação e testes de protótipos de antenas com filtros eletromagnéticos (AFE) (OG-1).

Objetivo Específico 8: Análise e documentação de resultados dos ensaios (OG-1).

Objetivo Específico 9: Capacitação da equipe envolvida (OG-2).

4.6.3 - Insumos

4.6.3.1 – Custeio

Finalidade	Item de Custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)
-	-	-
-	-	-
-	-	-

4.6.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
4.6.1	Profissional formado em Engenharia Computacional; Manufatura Mecânica; Mecatrônica/Automação, Engenharia Elétrica, Eletrônica, Telecomunicações; Engenharia de Materiais ou áreas afins com 10 (dez) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação, após a obtenção do diploma de nível superior ou com título de doutor há, no mínimo, 2 (dois) anos; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 6 (seis) anos.	Ciências e Tecnologias Espaciais; Atuando nas áreas de Sensores e Atuadores Espaciais; Eletromagnetismo aplicado em RF, Antenas; Design assistido por computador (CAD), Materiais Absorvedores de Radiação Eletromagnética (MARE);	1	D-A	3	1

4.6.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2021	2022	2023	2024	2025
Atividade 1 - Design/projeto de aparatos de fixação de antenas para uso na mesa de ensaios em espaço livre.	1	Design/projeto concluído	X				
Atividade 2 - Fabricação de aparatos de fixação de antenas na mesa de ensaios em espaço livre.	1	Aparatos de fixação fabricados	X				
Atividade 3 - Montagem de aparatos de fixação de antenas na mesa de ensaios em espaço livre.	1	Aparatos de fixação montados	X				
Atividade 4 - Montagem de instrumentação e sistemas de RF na mesa de ensaios em espaço livre.	1	Instrumentos e sistemas auxiliares montados	X				

4.6.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre			
	2021		2022	
	1	2	1	2
Atividade 1 - Design/projeto de aparatos de fixação de antenas para uso na mesa de ensaios em espaço livre.		X		
Atividade 2 - Fabricação de aparatos de fixação de antenas na mesa de ensaios em espaço livre.		X		
Atividade 3 - Montagem de aparatos de fixação de antenas na mesa de ensaios em espaço livre.		X	X	
Atividade 4 - Montagem de instrumentação e sistemas de RF na mesa de ensaios em espaço livre.		X	X	

4.6.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2021	2022	2023	2024	2025
Produto 1 - Design/projeto de aparatos de fixação de antenas para mesa de espaço livre	1	Desenho detalhado dos aparatos de fixação concluídos.	X				
Produto 2 - Aparatos mecânicos de fixação de antenas na mesa de ensaios em espaço livre fabricados.	1	Aparatos fabricados	X				
Produto 3 - Montagem mecânica da mesa de ensaios em espaço livre (MEEL).	1	Montagem mecânica da MEEL concluída	X				
Produto 4 - Montagem de instrumentação e sistemas de RF na mesa de ensaios em espaço livre.	1	Instrumentos instalados na MEEL.	X				

4.6.7 – Resultados Esperados

Conforme descrição de métricas apresentadas em [1].

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2021	2022	2023	2024	2025
Resultado 1 - Desenho detalhado dos aparelhos de fixação de antenas Desenvolvidos.	1	Design/projeto pronto para fabricação	X				
Resultado 2 - Aparelhos mecânicos de fixação de antenas na mesa de ensaios em espaço livre fabricados	1	Aparelhos prontos para instalação e montagem	X				
Resultado 3 - Mesa de ensaios em espaço livre (MEEL) mecanicamente funcional	1	Montagem mecânica da MEEL concluída	X				
Resultado 4 - Instrumentação e sistemas de RF da mesa de ensaios em espaço livre instalados.	1	Instrumentos instalados na MEEL.	X				

4.6.8 - Recursos Solicitados

Custeio:

Custeio	Valor (R\$)
Diárias	0,00
Passagens	0,00
Total (R\$)	0,00

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Mese s	Quantida de	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00	3	1	15.600,00
	B	4.160,00	-	-	-
	C	3.380,00	-	-	-

	D	2.860,00	-	-	-
	E	1.950,00	-	-	-
	F	900,00	-	-	-
PCI-E	1	6.500,00	-	-	-
	2	4.550,00	-	-	-
Total (R\$)				15.600,00	

4.6.9 - Equipe do Projeto

Bolsista PCI-A;
Dr. Maurício Ribeiro Baldan;
Dra. Sayuri Okamoto;
Dr. Isaías Oliveira;
Dr. Sérgio Mineiro.

4.6.10 - Referências Bibliográficas

- [1] Avaliação de Políticas Públicas: Guia Prático de Análise Ex Ante, volume 1, IPEA, 2018.
- [2] B. A. Munk, Frequency Selective Surfaces: Theory and Design. Danvers, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2000.
- [3] F. Costa, M. Borgese, M. Degiorgi, and A. Monorchio, “Electromagnetic characterisation of materials by using transmission/reflection (T/R) devices,” Electron., vol. 6, no. 4, p. 27, 2017.
- [4] C.R. Paul, Introduction to electromagnetic compatibility, John Wiley & Sons, Inc., 2006
- [5] C. A. Balanis, Antenna Theory Analysis and Design, John Wiley & Sons, Inc., 2006

Projeto 4: Projeto de desenvolvimento e de pesquisa dos Laboratórios Associados.

Subprojeto 4.7: Desenvolvimento, síntese e caracterização, do conjunto eletrodo, membrana eletrodo (MEA), de uma célula a combustível alcalina a etanol direto (ADEFC)

4.7.1 – Introdução

Este subprojeto está alinhado ao Projeto 4 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 444327/2018-5, disponível na página do INPE. Este trabalho relaciona-se ao Termo de Abertura de Projeto (TAP) cujo título é o Desenvolvimento de Célula a Combustível, o qual possui processo no SEI de número 01340.003046/2021-25.

O aquecimento global vem sendo observado e pesquisado ao longo dos últimos 50 anos, mais intensamente a partir da segunda metade da década de 80 em diante. Os estudos têm mostrado uma contribuição muito significativa por parte de combustíveis fósseis para o efeito estufa, proporcionado por emissão de carbono de origem fóssil (ZAKARIA et al., 2021) (SUNDARRAJAN; ALLAKHVERDIEV; RAMAKRISHNA, 2012). A emissão em larga escala de gases de efeito estufa tem como consequência as mudanças climáticas cujos efeitos já estão ocorrendo atualmente (ALIAS et al., 2020). Buscando minimizar ou zerar esses poluentes, a indústria a nível mundial tem caminhado na direção da eletrificação tanto na mobilidade, aérea, terrestre e naval como em soluções de uso residencial. Na área aeroespacial não é diferente. Busca-se desenvolver sistemas mais eficientes porque são compactos e leves, o que permite reduzir as dimensões e as massas de satélites artificiais. Além disso, para otimizar a massa total a ser transportada, torna-se relevante reduzir o número de componentes empregados nos veículos e satélites por meio da integração dos sistemas já existentes. Neste contexto, tem se intensificado as pesquisas por fontes energéticas de baixo impacto ambiental e de alta eficiência (RAHIM et al., 2020) (ZAKARIA et al., 2021).

Por uma questão de disponibilidade tecnológica, as soluções atuais estão em grande parte voltadas ao uso de baterias. Estes são elementos pesados, com baixa densidade energética e com vida útil encurtada pelos ciclos de recarga (ALIAS et al., 2020) (KAMARUDIN et al., 2007) (KAMARUDIN; ACHMAD; DAUD, 2009) (ONG; KAMARUDIN; BASRI, 2017). A célula a combustível são dispositivos galvânicos capazes de converter a energia química do combustível em energia elétrica. Dentre os tipos de célula a combustível destaca-se as DLFC (Direct liquid fuel Cell) que utilizam combustíveis líquidos (ex. etanol) e apresentam-se como dispositivos capazes de operar com elevada eficiência (acima de 50%), condição impraticável para as máquinas térmicas trabalhando de modo otimizado, em ciclo combinado além de elevada densidade energética (WENDT; GÖTZ; LINARDI, 2000)(SCHULTZ, THORSTEN; ZHOU, SU; SUNDMACHER et al., 2017). Enquanto as baterias atuais possuem densidade energética na faixa de 30 a 180 Wh/kg, as LFCs operando com etanol apresentam 7000 Wh/kg, ou seja, mais de uma ordem de grandeza acima (ZAKARIA et al., 2021). Estas duas características condicionam as LFCs como uma importante forma de geração de energia renovável, capaz de substituir no futuro, as fontes fósseis e as baterias atuais (KAMARUDIN et al., 2007).

No Brasil, devido à alta disponibilidade e ao baixo custo, o etanol pode ser utilizado como combustível em diversas aplicações (WENDT; GÖTZ; LINARDI, 2000). Dessa forma, torna-se necessário obter um sistema capaz de converter o etanol em energia elétrica o com alta eficiência (MATOS et al., 2020) (PINHEIRO et al., 2020) (SOUZA et al., 2020). A aplicação da DLFC para combustíveis líquidos ainda possui alguns desafios tecnológicos a serem ultrapassados. Dentre eles destaca-se o fato de utilizarem combustíveis que contêm carbono em sua estrutura. Tal fato irá gerar em uma etapa intermediária da oxidação a formação da substância química CO que provoca o rápido envenenamento do catalisador (GERALDES et al., 2015) (WENDT; GÖTZ;

LINARDI, 2000). Neste contexto, as pesquisas na área de DLFC objetivaram sistemas catalíticos compostos de catalisadores binários ou ternários de forma a impedir o rápido envenenamento por CO. Outro desafio para utilização do etanol nas DLFC é a temperatura de operação. Atualmente, por limitação dos materiais que compõem as membranas utilizadas como eletrólito a temperatura de operação é baixa próxima de 80°C. Porém, neste tipo de sistema, deve-se operar a célula a temperaturas mais elevadas, fato que promove a rota de formação do CO₂ como produto da reação e eleva a quantidade de elétrons trocada que por consequência aumenta a eficiência do dispositivo.

No que se refere desenvolvimento científico na área de células a combustível o INPE realizou na década de 90 e 2000 pesquisas que resultaram no depósito de várias patentes no INPI (ALFREDO JOSE ALVIM DE CASTRO et al., 2007a) (ALFREDO JOSE ALVIM DE CASTRO et al., 2007b) (ALFREDO JOSE ALVIM DE CASTRO et al., 2007c) (LUIZ ANTONIO WAACK BAMBACE et al., 2000)(LUIZ ANTONIO WAACK BAMBACE et al., 2003a) (LUIZ ANTONIO WAACK BAMBACE et al., 2003b)(LUIZ ANTÔNIO WAACK BAMBACE et al., 2007) e publicação de artigos. Posteriormente, com este desenvolvimento foi possível desenvolver com a PETROBRÁS um projeto sobre célula a combustível intitulado: Desenvolvimento de Células a Combustível com Convecção Capilar (projeto C3E) o qual foi encerrado em 2009. Após esta data a pesquisa em Célula a Combustível não foi continuada no Instituto. Atualmente a Coordenação de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico possui um grupo de pesquisa o MAPA (Materiais Avançados e Pesquisa Aeroespacial) que desenvolve estudos em acumuladores de energia abrangendo Células a Combustível, Baterias e Supercapacitores. O presente trabalho tem por objetivo desenvolver e eletrólito e os eletrocatalisadores dos eletrodos (ânodo e cátodo) bem como a produção do conjunto eletrodo-membrana-eletrodo (MEA) aplicável a uma célula a combustível alcalina a etanol direto.

4.7.2 - Objetivo Geral

Objetivo Geral 1 (OG1). Desenvolver uma célula a combustível alcalina a etanol direto para atender as demandas energéticas de uma determinada missão do setor aeroespacial, tendo em vista obter-se o domínio no desenvolvimento de processos, caracterização e aplicação de materiais (eletrólito e eletrodos) que permitam converter a energia química do etanol em energia elétrica.

Objetivo Geral 2 (OG 2): Prover meios para capacitação técnica de alto nível (recursos humanos) para atividades envolvendo processos, caracterização e aplicação de materiais avançados aeroespaciais.

Para a consecução deste objetivo foram estabelecidos:

Objetivo Específico 1: Levantamento bibliográfico sobre a temática do projeto (OG1).

Objetivo Específico 2: Desenvolvimento dos eletrocatalisadores baseados em carbono e incorporados com nanopartículas metálicas de forma a permitir a oxidação do etanol e a redução do oxigênio (OG1).

Objetivo Específico 3: Caracterização morfológica, estrutural e composição dos eletrocatalisadores desenvolvidos (OG1).

Objetivo Específico 4: Produção dos eletrodos (ânodo e cátodo) com elevada condutividade elétrica, e alta permeabilidade iônica e hermeticidade quanto ao etanol ou oxigênio (OG1).

Objetivo Específico 5: Caracterização eletroquímica dos processos oxidativos do etanol e avaliação do desempenho cinético dos eletrodos produzidos (OG1).

4.7.3 - Insumos

4.7.3.2 – Custeio

Finalidade	Item de Custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)

4.7.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
4.7.1	Profissional formado em Química ou áreas afins com 10 (dez) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação, após a obtenção do diploma de nível superior ou com título de doutor há, no mínimo, 2 (dois) anos; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 6 (seis) anos.	Ciência Química; Processos físicos e químicos de materiais metálicos e de carbono; Química de superfície; Técnicas e Processos Eletroquímicos.	1	D-A	3	1

4.7.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas		
			Nov/21	Dez/21	Jan/22
Atividade 1- Levantamento Bibliográfico sobre a temática do projeto.	1	Estado da arte do tema do projeto	X	X	X
Atividade 2- Síntese dos eletrocatalisadores baseados em carbono e nanopartículas metálicas.	2	Eletrocatalisadores para a eletrooxidação de etanol sintetizados	X	X	
Atividade 3- Caracterização morfológica, estrutural e composição dos eletrocatalisadores sintetizados	3	Morfologia, estrutura e composição dos eletrocatalisadores caracterizados		X	X
Atividade 4- Produção dos eletrodos (ânodo e cátodo).	4	Eletrodos (ânodo e cátodo) produzidos		X	X
Atividade 5- Caracterização eletroquímica dos processos oxidativos do etanol e avaliação do desempenho cinético dos eletrocatalisadores produzidos.	5	Processos oxidativos do etanol qualificados e desempenho cinético dos eletrocatalisadores avaliado.			X

4.7.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	2021		2022
	Novembro	Dezembro	Janeiro
Atividade 1- Levantamento Bibliográfico sobre a temática do projeto.	X	X	X
Atividade 2- Síntese dos eletrocatalisadores baseados em carbono e nanopartículas metálicas.	X	X	
Atividade 3- Caracterização morfológica, estrutural e composição dos eletrocatalisadores sintetizados.		X	X
Atividade 4- Produção dos eletrodos (ânodo e cátodo).		X	X
Atividade 5- Caracterização eletroquímica dos processos oxidativos do etanol e avaliação do desempenho cinético dos eletrodos produzidos.		X	X

4.7.6 – Produtos

Denominam-se produtos, os frutos diretos e quantificáveis das atividades do projeto, entregues imediatamente pela realização de suas atividades [1].

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas		
			Nov/2021	Dez/2021	Jan/2022
Produto 1- Revisão da Literatura sobre a temática do projeto.	1	Temática do projeto revisada	X	X	X
Produto 2- Eletrocatalisadores baseados em carbono e nanopartículas metálicas.	2	Eletrocatalisadores qualificados para a funcionamento da célula a combustível alcalina a etanol	X	X	
Produto 3- Características da Morfologia, Estrutura e Composição dos eletrocatalisadores sintetizados.	3	Aspecto da Morfologia, estrutura e composição analisados		X	

Produto 4- Eletrodos (ânodo e cátodo) da célula a combustível	4	Eletrodos (ânodo e cátodo) produzidos.		X	
Produto 5- Análise dos Processos eletro-oxidativos do etanol e desempenho cinético dos eletrodos	5	Processos eletro-oxidativos do etanol e desempenho cinético dos eletrodos avaliados.		X	X

4.7.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas		
			Nov/2021	Dez/2021	Jan/2022
Resultado 1- Levantamento bibliográfico atualizado	1	Estado da arte do tema do projeto	X	X	X
Resultado 2 - Obtenção de eletrocatalisadores baseados em carbono e incorporados com nanopartículas metálicas qualificados para a oxidação do etanol e a redução do oxigênio	2	Eletrocatalisadores prontos para a produção dos eletrodos.		X	X
Resultado 3 - Caracterização da Morfologia, Estrutura e Composição dos eletrocatalisadores sintetizados	3	Propriedades físico-químicas dos eletrocatalisadores		X	X
Resultado 4 - Produção dos eletrodos qualificados para a oxidação do etanol e redução do oxigênio	4	Materiais de eletrodos prontos para a montagem da célula a combustível desenvolvida.		X	X
Resultado 5 - Caracterização dos Processos eletro-oxidativos do etanol e desempenho cinético dos eletrodos	5	Rota catalítica do etanol no processo de conversão de energia		X	X

4.7.8 - Recursos Solicitados

Custeio:

Custeio	Valor (R\$)
Diárias	
Passagens	
Total (R\$)	

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Mese s	Quantida de	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00	3	1	15.600,00
	B	4.160,00			
	C	3.380,00			
	D	2.860,00			
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					15.600,00

4.7.9 - Equipe do Projeto

Bolista PCI-A;
Dr. Isaías Oliveira;
Dr. Maurício Ribeiro Baldan;
Dra. Sayuri Okamoto;
Dr. Sérgio Mineiro.

4.7.10 - Referências Bibliográficas

ALFREDO JOSE ALVIM DE CASTRO et al. PI0705313-4 Cátodo para célula a combustível de microtubos de paredes porosas de níquel nanoestruturadas ativadas com catalisador, 2007a.

ALFREDO JOSE ALVIM DE CASTRO et al. PI0705320-7 Anodo para célula combustível baseado em microtubos com paredes porosas nanoestruturados, 2007b.

ALFREDO JOSE ALVIM DE CASTRO et al. PI0705800-4 B1 Catalisador de espuma metálica nanoestruturada, 2007c.

ALIAS, M. S. et al. Active direct methanol fuel cell: An overview. *International Journal of Hydrogen Energy*, v. 45, n. 38, p. 19620–19641, 2020.

GERALDES, A. N. et al. Palladium and palladium-tin supported on multi wall carbon nanotubes or carbon for alkaline direct ethanol fuel cell. *Journal of Power Sources*, v. 275, p. 189–199, 2015.

KAMARUDIN, S. K. et al. Overview on the challenges and developments of micro-direct methanol fuel cells (DMFC). *Journal of Power Sources*, v. 163, n. 2, p. 743–754, 2007.

KAMARUDIN, S. K.; ACHMAD, F.; DAUD, W. R. W. Overview on the application of direct methanol fuel cell (DMFC) for portable electronic devices. *International Journal of Hydrogen Energy*, v. 34, n. 16, p. 6902–6916, 2009.

LUIZ ANTÔNIO WAACK BAMBACE et al. PI0003436-3 Eletrodo de Convecção Capilar para célula a combustível, 2000.

LUIZ ANTÔNIO WAACK BAMBACE et al. PI0301413-4A - Catalisador suportado por filme transferível de altas áreas específicas e fração de vazio para sistema de catálise com escoamento de reagentes, 2003a.

LUIZ ANTÔNIO WAACK BAMBACE et al. PI0301416-9 A - Sistema de tubos de paredes eletrodepositadas para célula a combustível, 2003b.

LUIZ ANTONIO WAACK BAMBACE et al. PI0705309-6 B1 Eletrodo para célula a combustível baseado em microtubos de paredes porosas nanoestruturadas de material carbonetado, 2007.

MATOS, B. R. et al. Properties and DEFC tests of Nafion - Functionalized titanate nanotubes composite membranes prepared by melt-extrusion. *Journal of Membrane Science*, v. 604, n. October 2019, p. 118042, 2020.

ONG, B. C.; KAMARUDIN, S. K.; BASRI, S. Direct liquid fuel cells: A review. *International Journal of Hydrogen Energy*, v. 42, n. 15, p. 10142–10157, 2017.

- PINHEIRO, V. S. et al. Sn-containing electrocatalysts with a reduced amount of palladium for alkaline direct ethanol fuel cell applications. *Renewable Energy*, v. 158, p. 49–63, 2020.
- RAHIM, S. A. N. M. et al. A review of recent developments on kinetics parameters for glycerol electrochemical conversion – A by-product of biodiesel. *Science of the Total Environment*, v. 705, p. 135137, 2020.
- SCHULTZ, THORSTEN; ZHOU, SU; SUNDMACHER, K. et al. Advances in stationary and portable fuel cell applications. *International Journal of Hydrogen Energy*, v. 42, n. 5, p. 1223–1233, 2017.
- SOUZA, F. M. et al. Niobium increasing the electrocatalytic activity of palladium for alkaline direct ethanol fuel cell. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, v. 858, p. 113824, 2020.
- SUNDARRAJAN, S.; ALLAKHVERDIEV, S. I.; RAMAKRISHNA, S. Progress and perspectives in micro direct methanol fuel cell. *International Journal of Hydrogen Energy*, v. 37, n. 10, p. 8765–8786, 2012.
- WENDT, H.; GÖTZ, M.; LINARDI, M. Fuel cell technology. *Química Nova*, v. 23, n. 4, p. 538–546, 2000.
- ZAKARIA, Z. et al. The progress of fuel cell for malaysian residential consumption: Energy status and prospects to introduction as a renewable power generation system. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 144, n. June 2020, p. 110984, 2021.

Projeto 4: Projeto de Desenvolvimento e de Pesquisa dos Laboratórios Associados

Subprojeto 4.8: Estudos de incorporação de nano partículas na Estrutura de DLC para uso como lubrificante sólido para o Espaço

4.8.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 4 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 444327/2018-5, disponível na página do INPE. Está relacionado ao Termo de Abertura de Projeto – TAP, SEI Nº 01340.003053/2021-27.

A Coordenação de Pesquisa Aplicada e Desenvolvimento Tecnológico (COPDT) vêm desenvolvendo projetos relacionados à integração cada mais próxima das atividades fim do INPE, especialmente envolvendo as diferentes coordenações. Atua no desenvolvimento de produtos, processos, protótipos, softwares e técnicas inovadoras nas áreas de novos materiais e sensores, tecnologia de plasma, combustão e propulsão, engenharia espacial, computação e matemática aplicada, visando atender missões espaciais e suas aplicações com o objetivo de promover a evolução continua das pesquisas na área espacial e, com foco também no setor produtivo nacional. O principal propósito é manter os estudos sempre no estado de vanguarda para o INPE e auxiliar a criação de “spin off’s”, para um eficiente aproveitamento das tecnologias aqui desenvolvidas, além de aprofundar a disseminação do conhecimento científico a fins.

Os filmes de DLC vêm sendo estudados nas pesquisas atuais devido às suas excelentes propriedades, como elevada dureza, baixo coeficiente de atrito, elevada resistência mecânica, baixa taxa de desgaste e alta biocompatibilidade. Os filmes de DLC também permitem a incorporação de nanopartículas metálicas e não metálicas em sua matriz, com o intuito de melhorar ainda mais suas propriedades. Dentre as diversas nanopartículas (NPs) que podem ser dopadas aos filmes, temse a prata (Ag) e dióxido de titânio (TiO₂). Na equipe DIMARE do INPE, além dos filmes com as características citadas, estão sendo desenvolvidos filmes de DLC hidrogenados, dopados e co-dopados com as NPs de Ag e TiO₂ sobre substratos de Ti6Al4V visando sua aplicação como lubrificante sólido na área espacial. Para tanto, faz-se necessário o estudo do comportamento tribológico desses filmes em vácuo e em atmosfera ambiente.

4.8.2 - Objetivo Geral

Realizar pesquisa e desenvolvimento em diamantes e materiais relacionados usando mecanismos de crescimento e de caracterização de diamante CVD – Chemical Vapor Deposition, DLC, nano tubos de carbono e nanocompósitos (OE3.1).

Objetivo Específico 1: Deposição de DLC com incorporação de nanopartículas como proteção de superfícies em liga aeroespacial (Ti6Al4V).

Objetivo Específico 2: Melhorias do processo de deposição de DLC incluindo caracterizações como Raman, MEV/FEG e perfilometria.

Objetivo Específico 3: Otimizar a adesão dos filmes de DLC dopados com prata e dióxido de titânio para uso como lubrificante sólido.

Objetivo Específico 4: Avaliação tribológica em atmosfera ambiente e em vácuo dos filmes formados.

4.8.3 - Insumos

4.8.3.1 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
4.8.1	Profissional formado em Engenharia de Materiais ou áreas afins com 5 (cinco) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior ou com grau de mestre.		1	D-C	3	1

4.8.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Deposição de filmes de DLC com nano partículas em Ti6Al4V	1	Caracterização dos filmes produzidos			Jan avaliar o COF em atmosfera		
Analizar a qualidade dos filmes em termos de estrutura	2	Analises Raman			Obter filmes com boa estrutura		
Estudar a aderência destes filmes	3	Testes de “Scratching” e indentação			Obter filmes bem aderentes		



Analisar a influência do COF com concentração de nano partículas em vácuo	4	Medidas de COF em ambiente de alto vácuo			Baixo COF em alto vácuo			
---	---	--	--	--	-------------------------	--	--	--

4.8.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre									
	2019		2020		2021		2022		2023	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Deposição de filmes de DLC com nano partículas em Ti6Al4V						x	x			
Analisar a qualidade dos filmes em termos de estrutura						x	x			
Estudar a aderência destes filmes						x	x			
Analisar a influência do COF com concentração de nano partículas em vácuo						x	x			

4.8.6 – Produtos

Denominam-se produtos, os frutos diretos e quantificáveis das atividades do projeto, entregues imediatamente pela realização de suas atividades [1].



Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Filmes de DLC bem aderente em substrato de Ti6Al4V com COF abaixo de 0,1	1,2,3,4	Indentação sem delaminações			Grau 1 ou 2 da norma VDI		
Publicação científica	1,2,3,4	Resultados inovadores			Periódico de circulação		

4.8.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Obter filmes de DLC com nano partículas com morfologia e estrutura adequada	1,2	Espectro Raman mostrando a boa qualidade			Filmes em substratos pequenos, mas de boa qualidade		



Filmes com elevada aderênci a e baixo COF em ambiente de Vácuo	3,4	Norma VDI em Grau2			Parâmetros para ser possíveis de estudos para escala		
--	-----	--------------------	--	--	--	--	--

4.8.8 - Recursos Solicitados

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)		
PCI-D	A	5.200,00					
	B	4.160,00					
	C	3.380,00	3	1	10.140,00		
	D	2.860,00					
	E	1.950,00					
	F	900,00					
PCI-E	1	6.500,00					
	2	4.550,00					
Total (R\$)					10.140,00		

4.8.9 - Equipe do Projeto

Supervisor: Vladimir Jesus Trava Airoldi

Pesquisador: Evaldo José Corat

4.8.10 - Referências Bibliográficas

Projeto 4: Projeto de Desenvolvimento e de Pesquisas dos Laboratórios Associados

Subprojeto 4.9: Materiais de carbono nanoestruturado para aplicações espaciais

4.9.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 04 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 444327/2018-5, disponível na página do INPE. Está relacionado ao Termo de Abertura de Projeto – TAP “Membranas e compósitos de nanotubos de carbono e grafenos” (SEI 01340.003212/2021-93) e ao Termo de Abertura de Projeto – TAP “Diamantes e materiais relacionados como materiais de gerenciamento térmico” (SEI 01340.003213/2021-38).

Em 2015, a NASA publicou um “roadmap” sobre as necessidades de nanotecnologia para suas missões aeroespaciais com prospecção até 2035 [i,ii]. Nanotubos de carbono foram mencionados para diversos usos: (a) para fazer peças estruturais leves, (b) para desenvolver dispositivos de armazenamento de energia (supercapacitor / baterias), (c) instrumentos ópticos e (c) para controle térmico. As 2 últimas aplicações serão exploradas nesta proposta, e alguns detalhes são especificados abaixo:

Nanotubos de carbono como absorvedores de radiação

As superfícies pretas encontram aplicação em muitos instrumentos [iii] em missões espaciais, tais como: geração de energia térmica solar, corpos negros, para controle térmico, defletores e protetores, e radiômetros para medição de energia em comprimentos de onda ópticos do ultravioleta ao THz. Os geradores de energia solar térmica fazem uso da alta absorvividade óptica do revestimento preto para converter a energia óptica. Defletores e coberturas usam a alta absorvividade óptica de superfícies pretas para controle de luz difusa em sistemas ópticos. O revestimento preto absorve a maior parte da luz que incide sobre ele, reduzindo muito a intensidade da luz espalhada em, por exemplo, um sistema de imagem óptica. Finalmente, as superfícies pretas que são altamente absorventes podem ter correspondentemente uma alta emissividade e, portanto, usadas para criar fontes de corpo negro de alta qualidade. Com a Missão Galileo no INPE, um telescópio espacial solar está sendo projetado, e há uma demanda direta para o desenvolvimento de radiômetros / bolômetros e instrumentos de luz difusa. A NASA[iv] e o NIST [v], possuem larga experiência em testes de propriedades ópticas da tecnologia VACNT, e alguns experimentos já foram realizados na estação espacial. Não apenas os telescópios podem se beneficiar desses estudos - a miniaturização de sensores de radiação pode tornar seu uso possível também em nanossatélites.

Nanotubos de carbono para controle térmico

A produção e caracterização de Materiais de Interface Térmica (TIM, do Inglês Thermal Interface Material) são de extrema importância para o setor aeroespacial [vi], e seu desenvolvimento é necessário no INPE. O grupo responsável pelo controle térmico em satélites, o GTER, testa atualmente o desempenho térmico de alguns TIM comerciais, associado às dimensões e layout do equipamento. Esses testes são realizados da seguinte forma: duas peças de alumínio são fabricadas em placas retangulares, uma simulando a base de um equipamento eletrônico e a outra o painel de montagem. As duas placas são unidas por parafusos (de acordo com a real junta entre o equipamento e o painel de montagem), posicionando o material de interface entre elas. A placa que simula o equipamento é aquecida por uma resistência elétrica e a placa que simula o painel de montagem é resfriada. As temperaturas são medidas em vários pontos nas duas placas, permitindo saber a diferença de temperatura entre as placas. Quanto menor for essa diferença, melhor será o material da interface. Este

experimento requer muito trabalho e tempo e é adequado para testar condições em materiais já disponíveis. Alguns exemplos de materiais dissipadores de calor e TIM usados em testes no INPE são: fitas térmicas de Al / Cu [vii], folhas de índio [viii], grafite (E-graf) [ix] e compósitos de silicone e nitreto de boro (Cho-thermx) [x]. Outro material comercial não incluso nos testes do INPE, feito de 99% de grafite, também utilizado em satélites, é o Sigraflex [xi]. No entanto, o desenvolvimento mais rápido do TIM precisa de equipamentos para medições anteriores de condutividade térmica / difusividade. Portanto, a interação com o grupo DIMARE agregará a oportunidade de haver desenvolvimento de materiais TIM, bem como, de incorporar alguns testes em escala de laboratório para caracterizá-los, como por laser flash e microscopia térmica. Ainda mais interessante e inovador é o uso de superfícies superhidrofóbicas com alta dissipação de calor por condensação. Nossos resultados de condensação em superfícies de nanotubos de carbono [xii] indicam uma capacidade aumentada de dissipação de calor, que pode, eventualmente, ser aplicada em dissipação por tubos de calor.

4.9.2 - Objetivo Geral

Estabelecer um trabalho colaborativo entre o “Grupo Diamante e Materiais Correlacionados - DIMARE”, vinculado à Coordenação de Pesquisa Aplicada e Desenvolvimento Tecnológico (COPDT-MP / INPE) e o Projeto Galileo, coordenado por Luis Eduardo Antunes Vieira (DIHPA / INPE), para desenvolver absorvedores de radiação baseados em nanotubos de carbono alinhados verticalmente (VACNT), para aplicação em radiômetros; e o Grupo de Controle Térmico, coordenado pelo Dr. Valeri Vlassov (GTER / INPE), para explorar o uso de filmes VACNT como trocadores de calor pelo processo de condensação em superfícies superhidrofóbicas, que seja útil em tubos de calor. Decidimos investigar ambos aspectos, pois, em geral, a absorção da radiação implica na geração de calor.

Objetivo Específico 1: Produzir materiais pretos baseados em filmes VACNTs, com alta capacidade de absorção de radiação e dissipação de calor.

Objetivo Específico 2: Para sintetizar filmes VACNTs em diferentes substratos, como: silício, titânio, alumínio, cobre, prata e / ou fibras de carbono (feltro / tecido / folha) com alto controle de densidade, diâmetro e altura dos tubos. Para os metais podemos usar folhas ou formato tubular, com texturização de superfície.

Objetivo Específico 3: Preparar compósitos de VACNTs com polímeros e / ou borracha de silicone (onde a flexibilidade é necessária) como material de interface térmica (TIM) para troca de calor por condensação.

Objetivo Específico 4: Realizar testes de absorção de radiação com foco na faixa UV-IR (e através de futuras parcerias poderíamos incluir as faixas de raios X / gama e microondas)

Objetivo Específico 5: Medir a condutividade térmica e difusividade das interfaces VACNT / substrato e Composto / substrato.

Objetivo Específico 6: Conhecer os requisitos e processos de certificação de materiais aeroespaciais para ambas as áreas (absorção de radiação e gerenciamento térmico).

Objetivo Específico 7: Publicações de alto nível na área.

4.9.3 - Insumos

4.9.3.1 – Custeio

Finalidade	Item de Custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)
Diária para participação em congresso nacional	diárias	
Passagem aérea para viagem nacional	passagens	

4.9.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
4.9.1	Profissional formado em Engenharia e Tecnologia Espacial, Engenharia de Materiais ou áreas afins, com 10 (dez) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação, após a obtenção do diploma de nível superior ou com título de doutor há, no mínimo, 2 (dois) anos; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 6 (seis) anos.	Ciência de Materiais e Sensores	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	D-A	3	1
4.9.2	Técnico Eletrônico com diploma de Escola Técnica reconhecida pelo MEC e com experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação Técnico de nível médio		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	D-E	3	1

4.9.4 - Atividades de Execução

Atividades	O.E.	Indicadores	Metas		
			Nov 2021	Dez 2021	Jan 2022



1- Síntese de VACNT por deposição química de vapor (CVD) em diferentes substratos.	1, 2	Desenvolvimento de técnica de baixa temperatura para produção de VACNT	1.1 Em substratos metálicos planos (Ti / Ag / Cu / Al)	2.1 Camadas finas de silicone super hidrofóbico	3.1 Dissipação de calor otimizada pela alta condensação
2- Produção de compósitos VACNT com polímeros ou silicone por infiltração capilar [xiii]	3	Revestimentos VACNT em folhas e tubos de alumínio e cobre			
3- Ensaios de condensação em superfícies de VACNT superhidrofóbicos	3, 5	Avaliação de sua capacidade de dissipação de calor			
4- Testes de absorção / atenuação de radiação	4, 6	Obtenção em várias faixas de espectros eletromagnéticos			
5- Testes de condutividade térmica / difusividade	5, 6	Compósitos TIM para aplicações em gerenciamento térmico			
6- Disseminação do conhecimento	7	publicação de trabalhos e participação de conferências			

4.9.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre									
	2019		2020		2021		2022		2023	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Atividade 1.1										
Atividade 1.2										
Atividade 1.3										
Atividade 2.1										
Atividade 2.2										
Atividade 2.3										
Atividade 3.1										
Atividade 3.2										
Atividade 3.3										
Atividade 4.1										



Atividade 4.2							
Atividade 5.1							
Atividade 6.1							

4.9.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Processo de deposição de VACNT	1	Diferentes tipos de substratos			Planos		
Processo de obtenção de VACNT superhidrofóbico em compósitos com polímeros	1	Diferentes aplicações					
Material altamente absorvedor de radiação para aplicação em radiômetro		% de absorção de radiação					
Número de trabalhos publicados e/ou participação em conferências						1	

4.9.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Capacitação na produção de VACNT	1	Metodologia desenvolvida			X		
Aplicação de materiais de carbono nanoestruturados em projetos de coleta de água atmosférica	1	Medida da eficiência de condensação, que pode ser usada na coleta de água			X		
Melhoria da infraestrutura de desenvolvimento de sensor para radiômetro absoluto.		Caracterização de sensor de radiômetro absoluto					
Melhoria da Infraestrutura de Caracterização de materiais		Gestão dos equipamentos de caracterização			X		
Aumento dos recursos de pesquisa através dos projetos aprovados nas agências de fomento		Total de recursos aprovados (em milhares de reais)				100	



4.9.8 - Recursos Solicitados

Custeio:

Custeio	Valor (R\$)
Diárias	
Passagens	
Total (R\$)	

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00	3	1	15.600,00
	B	4.160,00			
	C	3.380,00			
	D	2.860,00			
	E	1.950,00	3	1	5.850,00
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					21.450,00

4.9.9 - Equipe do Projeto

Evaldo José Corat
Vladimir Jesus Trava Airoldi

4.9.10 - Referências Bibliográficas

- [i] Link for Nasa Roadmap 10 (2015-2035): Nanotechnology (last read October 16th 2020)
https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/2015_nasa_technology_roadmaps_ta_10_nanotechnology_final.pdf
- [ii] Link for Nasa Rodmap 08 (2015-2035): Science Instruments (last read Oct.16th 2020)
https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/2015_nasa_technology_roadmaps_ta_8_science_instruments_final.pdf
- [iii] Link to the news about Black Materials at NASA Goddard Space Flight Center 2010 (last read Oct.16th 2020). <https://svs.gsfc.nasa.gov/10696>
- [iv] J. Lehman, C. Yung, N. Tomlin, D. Conklin, M. Stephens. Carbon nanotube-based black coatings. *Applied Physics Reviews* 5 (2018) 011103;
<https://doi.org/10.1063/1.5009190>
- [v] N. A. Tomlin, C. S. Yung, Z. Castleman, M. Denoual, G. Drake, N. Farber, D. Harber, K. Heuerman2, G. Kopp, H. Passe, E. Richard, J. Rutkowski, J. Sprunck, M. Stephens, C. Straatsma, S. Van Dreser, I. Vayshenker, M. G. White, S. I. Woods, W. Zheng, and J. H. Lehman Overview of microfabricated bolometers with vertically aligned carbon nanotube absorbers. *AIP Advances* 10, 055010 (2020);
<https://doi.org/10.1063/5.0004025>
- [vi] Link for Nasa Roadmap 14 (2015-2035): Thermal Management (last read Oct.16th 2020)
https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/2015_nasa_technology_roadmaps_ta_14_thermal_management_final.pdf
- [vii] Link to commercial thermal straps from boydcorp(last read Oct.16th, 2020)
<https://www.boydcorp.com/thermal/conduction-cooling/thermal-straps-busses/thermal-straps.html>
- [viii] Link to commercial brand of TIM made of indium (last read Oct.16th, 2020)
<https://www.indium.com/products/thermal-interface-materials/>
- [ix] Link to commercial brand of TIM made of graphite (last read Oct.16th, 2020)
<https://neograf.com/products/egraf-hitherm-thermal-interface->
- [x] Link to commercial brand of TIM made of BN (last read Oct.16th, 2020)
<https://www.digikey.com/catalog/en/partgroup/cho-therm-series/79611>
- [xi] Link to commercial brand of TIM made of graphite(last read October 16th, 2020)
<https://www.sglcarbon.com/en/markets-solutions/material/sigraflex-flexible-graphite-foil-and-tapes/>

[xii] Romário Araújo Pinheiro, Filipe Menezes Rosa, Renê Martins Volú, Getúlio de Vasconcelos, Vladimir Jesus Trava-Airoldi, Evaldo José Corat, Vertically aligned carbon nanotubes (VACNT) surfaces coated with polyethylene for enhanced dew harvesting, Diamond and Related Materials, Volume 107, 2020, 107837, <https://doi.org/10.1016/j.diamond.2020.107837>.

xiii L. D. Ribeiro Cardoso, M. C. C. B. Gomes, E. F. Antunes, F. S. Silva, V. J. Trava-Airoldi, E. J. Corat. Fast carbon nanotube growth on carbon fiber keeping tensile strength. Composite Interfaces (2020) TCOI 1817681. <https://doi.org/10.1080/09276440.2020.1817681>

[16] Avaliação de Políticas Públicas: Guia Prático de Análise Ex Ante, volume 1, IPEA, 2018.

Projeto 4: Projeto de Desenvolvimento e de Pesquisas dos Laboratórios Associados

Subprojeto 4.10: Melhoria de propriedades de peças, partes, componentes e materiais de aplicação espacial por tratamento a plasma (processo SEI 01340.003366/2021-85)

4.10.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 4 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 444327/2018-5, disponível na página do INPE. Está relacionado ao Termo de Abertura de Projeto – TAP, processo SEI Nº 01340.003366/2021-85, intitulado “Melhoria de propriedades de peças, partes, componentes e materiais de aplicação espacial por tratamento a plasma”.

O projeto trata do desenvolvimento de novos processos de tratamento baseados em implantação iônica por imersão em plasma e deposição (IIIP&D) com a finalidade de tratar materiais de uso espacial, especialmente metais tais como alumínio, nióbio e aço, e polímeros tais como poliimida, poliuretano e silicone, polímeros que são utilizados no controle térmico passivo de satélites.

Os tratamentos a plasma, em especial aqueles que adotam a implantação de íons em materiais de uso espacial, têm sido utilizados no INPE há vários anos. Alguns desses tratamentos têm levado a resultados de destaque, como o dos pinos metálicos de travamento da câmera de imageamento MUX dos satélites do programa CBERS.

Tratamentos de materiais por meio de processos IIIP&D têm como uma de suas características o elevado número de parâmetros que devem ser definidos para se qualificar um processo, de modo que o mesmo seja repetitível e apresente resultados reproduzíveis. O grande desafio que se apresenta é a adequada definição e controle dos parâmetros envolvidos nos tratamentos por IIIP&D, em especial os parâmetros de diagnóstico de plasma. Outro desafio se refere à adequada caracterização dos materiais tratados, ou seja, a adequada operação dos equipamentos de caracterização e a adequada determinação do grau ou intensidade das modificações das propriedades dos materiais tratados com base em métodos estatísticos que confirmam significância aos resultados obtidos. Neste projeto o bolsista estará envolvido com a definição das condições, acompanhamento e realização dos tratamentos baseados em IIIP&D e também com a operação dos equipamentos de caracterização dos materiais tratados, obtenção e análise dos resultados dos tratamentos e realimentação dos resultados obtidos com vistas à melhorias e refinamentos nos processos de tratamento adotados,

4.10.2 - Objetivo Geral

O objetivo geral do projeto está vinculado diretamente às diretrizes estratégicas da instituição, mais especificamente ao Objetivo Geral assim definido: “*Desenvolver produtos, processos, protótipos, softwares e técnicas inovadores nas áreas de novos materiais e sensores, tecnologia de plasma, combustão e propulsão, engenharia espacial, computação e matemática aplicada para atender missões espaciais e suas aplicações durante o período deste projeto*”

O Objetivo Geral do projeto é o de melhoria de propriedades de peças, partes, componentes e materiais de aplicação espacial por meio de processos de tratamento a plasma, mais especificamente IIIP&D.

Este projeto está ligado ao Programa de Capacitação Institucional do INPE (PCI 2019 – 2023) através do Objetivo Específico OE2:

OE2: Desenvolver pesquisa básica e aplicada envolvendo aspectos teóricos, processos e experimentos em física e tecnologia de plasmas.

e, mais especificamente, através do Objetivo Específico OE2.2, que define as atividades que deve ser realizadas para se atingir o OE2:

OE2.2 – Tratamento de superfícies usando as técnicas de Implantação iônica por imersão em plasma (3IP&D), Implantações de íons com Altas Energias (3IPA&E) e deposição de DLC (Diamond Like Carbon) – com especial atenção a otimização do processo DLC de alto desempenho em tubos (3IPESP) para diferentes materiais (polímeros, metais, etc) visando uso espacial.

Os objetivos específicos deste projeto são:

1. Aumento da resistência à corrosão das paredes internas de tubos metálicos utilizados em satélites e a diminuição da aderência dos fluídos de circulação às paredes desses tubos.
2. Aumento do fator de qualidade elétrico (fator-Q) de cavidades reentrantes de nióbio que compõem o sistema de transdução do detector de ondas gravitacionais Mario Schenberg, com aumento da sensibilidade do sistema de detecção de ondas gravitacionais.
3. Desenvolvimento de espelhos OSR compostos por vidro e filmes metálicos com desempenho óptico superior à tinta branca, filmes de teflon ou anodização, que sejam nacionais e tenham aplicação espacial.
4. Diminuição da tensão de ruptura elétrica e aumento da resistência à corrosão por oxigênio atômico dos filmes de poliimida metalizados utilizados nos controles térmicos passivos de satélites.

4.10.3 - Insumos

4.10.3.1 – Custeio

Não há

4.10.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
4.10.1	Profissional formado em Física ou Engenharia Elétrica/Mecânica/ Mecatrônica/ Química/Materiais ou áreas afins com experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após obtenção do diploma de nível superior	Desejável experiência em trabalhos de laboratório, preferencialmente com sistemas de vácuo	1, 2, 3 e 4	D-D	03	1

4.10.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			Nov/21	Dez/21	Jan/22	
Preparação de tubos metálicos de pequeno diâmetro para tratamento	1	Número de tubos e suportes preparados	Pelo menos três tubos e suportes preparados e instalados			
Implantação de íons de nitrogênio em tubos metálicos de pequenos diâmetros	1	Número de tratamentos realizados e de tubos tratados		Pelo menos três tubos tratados sob condições de superposição de bainhas.		
Produção de amostras com deposição de filme metálico sobre vidro para avaliação da degradação durante armazenagem.	3	Número de amostras com deposições realizadas			Pelo menos dez amostras depositadas para avaliação da degradação durante armazenagem.	

4.10.5 – Cronograma de Atividades



Atividades	Mês					
	2021		2022			
	Nov	Dez	Jan			
Preparação de tubos metálicos de pequeno diâmetro para tratamento	X					
Implantação de íons de nitrogênio em tubos metálicos de pequenos diâmetros		X				
Produção de amostras com deposição de filme metálico sobre vidro para avaliação da degradação durante armazenagem.			X			

4.10.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			Nov/21	Dez/21	Jan/22	
Porta amostra para tubos de pequeno diâmetro	1	NA	Porta amostra construído e instalado na câmara			
Dados de Implantação de íons de nitrogênio em tubos metálicos de pequenos diâmetros	1	Número de tratamentos realizados		Dados apresentados na forma de relatório com todas as condições de tratamento		
Amostras com deposição de filme metálico sobre vidro.	3	Número de deposições realizadas			Relatório de produção das amostras destinadas a avaliação da degradação durante armazenagem	

4.10.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas		
			Nov/21	Dez/21	Jan/22



Definição de meios de posicionamento e fixação de tubos de pequenos diâmetros na câmara de tratamento do INPE	1	NA	Obtenção de meios que possibilitem a formação e diagnóstico de plasma no interior do tubo com superposição de bainha			
Definição de condições de tratamento de tubos de pequeno diâmetro	1	Número de tratamentos realizados		Obtenção de condições ótimas de tratamento de tubos de pequeno diâmetro		
Definição de condições de deposição de filme metálico sobre vidro.	3	Número de deposições realizadas			Obtenção de condições otimizadas de deposição de filme metálico sobre vidro.	

4.10.8 - Recursos Soltitados

Custeio:

Custeio	Valor (R\$)
Diárias	0,00
Passagens	0,00
Total (R\$)	0,00

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)



PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00			
	C	3.380,00			
	D	2.860,00	3	1	8.580,00
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)			8.580,00		

4.10.9 - Equipe do Projeto:

André Ricardo Marcondes - Tecnologista
Carina de Barros Melo - Pesquisadora
Mario Ueda - Pesquisador
Rogério de Moraes Oliveira - Tecnologista

4.10.10 - Referências Bibliográficas

Projeto 4: Projeto de Desenvolvimento e de Pesquisas dos Laboratórios Associados

Subprojeto 4.11: Desenvolvimento de um Propulsor de Plasma Pulsado para Satélites e Sondas Espaciais

4.11.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 4 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 444327/2018-5, disponível na página do INPE. Propulsores de plasma pulsado são propulsores elétricos para satélites e sondas espaciais que utilizam forças de origem elétrica para acelerar o propelente a velocidades até dez vezes maiores do que propulsores químicos convencionais e, portanto, podem consumir até dez vezes menos propelente. Isto permite que o veículo seja mais leve, que se carregue mais carga útil ou que o tempo da missão possa ser aumentado ou ainda que o alcance da missão possa ser aumentado. No Brasil, o Laboratório de Propulsão Elétrica Espacial (LPEL) do Laboratório de Combustão e Propulsão (LCP) do INPE desenvolve pesquisas em propulsão elétrica de plasma pulsado envolvendo protótipos inovadores deste tipo de propulsor (inclusive com patente de um propulsor de dupla descarga), código de simulação numérica da descarga do propulsor, e uma balança de empuxo para medição direta do empuxo com calibração eletrostática e amortecedor magnético. O objetivo deste projeto é a continuidade do desenvolvimento de um protótipo do propulsor de plasma pulsado de dupla descarga de dois estágios (DD-PPT ou TS-PPT¹, alvo de patente), um dispositivo que pretende utilizar com maior eficiência o propelente de um propulsor de plasma pulsado. O desenvolvimento proposto dará seguimento a estudos anteriores nos quais foram i) desenvolvidos mecanismos para a aceleração da ablação tardia (late ablation acceleration), ii) analisados os efeitos da distribuição de energia entre os dois estágios do propulsor, iii) analisadas a variação da eficiência do propulsor em função do formato dos eletrodos secundários, iv) desenvolvido um instrumento de medição de impulso e empuxo com sensor óptico, calibração eletrostática e freio magnético para propulsores elétricos e, v) iniciada a preparação do protótipo do propulsor (TS-PPT) para montagem em câmara de vácuo.

O TS-PPT é um propulsor único que visa aliar a simplicidade do PPT com uma tecnologia que aumenta a sua eficiência. Para isto o TS-PPT emprega duas descargas elétricas consecutivas em dois estágios: um localizado junto ao propelente sólido e outro localizado à jusante, distante do propelente. Entretanto, não se trata da mera colocação de um estágio extra em um PPT, já que vários aspectos devem ser levados em consideração para que se atinja a maior eficiência possível, entre eles, a distribuição de energia entre os estágios, o formato dos eletrodos, as distâncias entre os eletrodos, a interação do plasma com as correntes elétricas do primeiro e do segundo estágio, entre outros aspectos. Até onde se tem notícia, este estudo e desenvolvimento é único no mundo.

¹ DD-PPT é a sigla para *Double Discharge Pulsed Plasma Thruster*, enquanto TS-PPT é a sigla para *Two-Stage Pulsed Plasma Thruster*. O propulsor do presente trabalho é de dois estágios e de dupla descarga. Portanto, daremos preferência à utilização da sigla **TS-PPT**.

4.11.2 – Histórico e Objetivo Geral

O objetivo geral deste projeto é o continuar o desenvolvimento de um protótipo de um propulsor de plasma pulsado de dois estágios (TS-PPT) para uso em satélites e sondas espaciais. O desenvolvimento e as pesquisas são realizados no Laboratório de Propulsão Elétrica Espacial (LPEL) do Laboratório de Combustão e Propulsão (LCP) do COPDT/CGIP em Cachoeira Paulista – SP.

Uma fase inicial do projeto, que durou 21 meses, foi realizada conforme processo individual 300225/2021-0. Este processo foi terminado em razão da saída do bolsista PCI. Restam agora 39 meses dos 60 meses inicialmente previstos para a conclusão deste projeto.

Em função de restrições orçamentárias severas o presente projeto tem a intenção de avançar apenas 3 meses, dos 39 meses necessários para a conclusão do projeto. Portanto, os objetivos aqui citados são um subconjunto dos objetivos do projeto original supracitado.

Os objetivos do presente projeto foram adequados de acordo com a complexidade das atividades, o tempo de adaptação do bolsista, às restrições de acesso ao laboratório impostas pela pandemia de COVID-19, o tempo exíguo para execução do projeto, e visando a maximização de resultados para as próximas fases do projeto.

Objetivos específicos:

Objetivo Específico 1: Revisão Bibliográfica do Projeto, incluindo DD-PPTs, balança de empuxo e sistemas da câmara de vácuo.

Objetivo Específico 2: Descrição e detalhamento da instalação de testes, incluindo todas as conexões elétricas, ópticas e mecânicas, válvulas e conexões.

4.11.3 - Insumos

4.11.3.1 – Custeio

Não existe previsão de custeio para este projeto.

4.11.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
4.11.1	Profissional formado em Engenharia Elétrica, Mecatrônica ou áreas afins com 10 (dez) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação, após a obtenção do diploma de nível superior ou com título de doutor há, no mínimo, 2 (dois) anos; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 6 (seis) anos.	Engenharia Elétrica e/ou Mecatrônica Experiência em eletrônica analógica e digital, programação em C, fontes de alta tensão, projeto de sistemas de alta tensão, segurança em sistemas de alta tensão, eletrônica e comunicação com sistemas embarcados, sistemas de controle, AutoDesk Inventor, LabView, sistemas de vácuo e alta tensão. Desejáveis conhecimentos de programação e interfaceamento com sistemas Arduino e Raspberry Pi.	1 e 2	D-A	3	1

4.11.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Meses		
			1	2	3
Revisão Bibliográfica sobre DD-PPTs, sobre a balança de empuxo e sobre a câmara de vácuo do LPEL/LCP/COPDT/INPE. Revisão de teses, dissertações e artigos publicados pelo grupo de pesquisa em propulsão elétrica do INPE.	1	Relatório da revisão bibliográfica apresentado.	X		
Descrição da instalação de testes com diagrama de blocos.	2	Relatório contendo a descrição com diagrama de blocos de todos os componentes da instalação de testes		X	
Detalhamento de todas as conexões do DD-PPT e da balança de empuxo, elétricas, ópticas, mecânicas, incluindo sinais de controle e alimentação.	2	Relatório contendo o detalhamento de todas as conexões elétricas, mecânicas e ópticas do propulsor de plasma pulsado e da balança de empuxo.			X

4.11.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Meses		
	1	2	3
Revisão bibliográfica sobre DD-PPTs	X	X	
Revisão bibliográfica sobre a balança de empuxo.		X	X
Revisão bibliográfica sobre as instalações de vácuo do LPEL.		X	X
Descrição por diagrama de blocos da instalação de testes: DD-PPT, balança de empuxo e sistemas de vácuo		X	X
Descrição detalhada de todas as conexões do DD-PPT e da balança de empuxo, incluindo conexões elétricas, ópticas, mecânicas, e também conexões para controle e alimentação.		X	X

4.11.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			Mês 3
Relatório de Revisão Bibliográfica do Projeto contendo diagrama de blocos de todos os componentes da instalação de testes e detalhamento das conexões elétricas, mecânicas e ópticas do DD-PPT e da balança de empuxo.	1 e 2	Indicadores 1 e 2	X

4.11.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			Mês 3	
Relatório Entregue	1 e 2	Indicador 1 e 2	X	

4.11.8 – Recursos Solicitados

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00	3	1	15.600,00
	B	4.160,00	-	-	-
	C	3.380,00	-	-	-
	D	2.860,00	-	-	-
	E	1.950,00	-	-	-
	F	900,00	-	-	-
PCI-E	1	6.500,00	-	-	-
	2	4.550,00	-	-	-
Total (R\$)					15.600,00

4.11.9 - Equipe do Projeto

- Dr. Rodrigo Intini Marques, pesquisador LPEL/LCP/COPDT/INPE
- Bolsista PCI classificado através deste edital

4.11.10 - Bibliografia relevante a este projeto:

INTINI MARQUES, R. A mechanism to accelerate the late ablation in pulsed plasma thruster. 192 p. Tese (PhD in Engineering Sciences) — University of Southampton - Faculty of Engineering, Science Mathematics - School of Engineering Sciences, Southampton - UK, 2009.

FIN, P. Influência da Geometria dos Eletrodos Secundários. 2014. 89 p. (sid.inpe.br/mtc- m21b/2014/04.10.16.00-TDI). Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia Espaciais/Combustão e Propulsão) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). São José dos Campos. 2014.

MARIN, L. F. C. Análise do desempenho de um propulsor a plasma pulsado de dupla descarga através da variação da distribuição de energia entre os seus dois estágios. 2014. 131 p. Dissertação (Mestrado em Combustão e Propulsão) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2014

ANSELMO, M. R. Desenvolvimento de uma balança de empuxo para propulsores elétricos. 2017. 177 p. Dissertação (Mestrado em Combustão e Propulsão) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2017.

SOARES, D. L. O. ; Intini Marques, R. . Advances on an Impulsive Thrust-Stand for Electric Propulsion Application. In: 17th Brazilian Congress of Thermal Sciences and Engineering, 2018, Águas de Lindóia. Proceeding of the 17th Brazilian Congress of

Thermal Sciences and Engineering. Rio de Janeiro - RJ, Brazil: ABCM - Associação Brasileira de Ciências Mecânicas, 2018.

ANSELMO, MARCELO RENATO ; MARQUES, RODRIGO INTINI . Torsional thrust balance for electric propulsion application with electrostatic calibration device. Measurement Science and Technology, v. 30, p. 055903, 2019.

Diogo Leon Oliveira Soares. Caracterização em Vácuo de uma Balança de Impulso com Amortecedor Magnético para Testes de Propulsores Elétricos. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia Espaciais) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.
Orientador: Rodrigo Intini Marques.

Intini Marques, R.; GABRIEL, S. B. . IMPROVED PULSED PLASMA THRUSTER AND METHOD OF OPERATION THEREOF. 2007, Grã-Bretanha. Patente: Privilégio de Inovação. Número do registro: WO2008/035061, título: "IMPROVED PULSED PLASMA THRUSTER AND METHOD OF OPERATION THEREOF" , Instituição de registro: WIPO - World Intellectual Property Organization. Depósito: 19/09/2007; Depósito PCT: 29/09/2007; Concessão: 27/03/2008. Instituição(ões) financiadora(s): University of Southampton.