



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO



EDITAL Nº 76/2023/SEI-INPE

CHAMADA PÚBLICA 02/2023

PROGRAMA DE CAPACITAÇÃO INSTITUCIONAL - PCI

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

1 – Objeto

A presente Chamada tem por finalidade a seleção de especialistas, pesquisadores, tecnólogos e técnicos que possam contribuir 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
1.1.1	Modelagem regional acoplada oceano-atmosfera, e os efeitos da mesoescala oceânica na camada limite atmosférica marinha e implicações no Clima do Brasil	DB	São José dos Campos
3.1.1	Desenvolvimento de software de gestão de portfólio de projetos	DD	São José dos Campos
4.1.1	Aplicação de processo de deposição de filmes metálicos em sensores e equipamentos espaciais	DB	São José dos Campos
4.2.1	Elaboração, montagem e testes do circuito de controle do radiômetro térmico	DC	São José dos Campos
4.3.1	Desenvolvimento do processo de ensaio (referente a parte do sistema de Vácuo) de qualificação de propulsores de 1N para serem integrados no satélite Amazônia 1B, baseado na	DB	Cachoeira Paulista

	Plataforma Multimissão (PMM), a ser utilizado na Missão ACQUABRASILIS/ACQUAE		
4.4.1	Uma Nova Configuração de Combustão com Controle Externo do Arrasto de Oxidante	DC	Cachoeira Paulista
4.5.1	Desenvolvimento, Instalação e Teste de Sistema de Deposição Física à Vapor Ionizado com o Uso de Magnetron Sputtering	DD	São José dos Campos
4.6.1	Preparação de sistema de crescimento de filmes de carbono em sistemas de alto vácuo para o desenvolvimento de materiais especiais para aplicação na área espacial	DE	São José dos Campos
4.6.2	Preparação de sistema de crescimento de filmes de carbono em sistemas de alto vácuo para o desenvolvimento de materiais especiais para aplicação na área espacial	DE	São José dos Campos
4.7.1	Desenvolvimento do processo de ensaio (referente a parte do sistema de Propelentes) de qualificação de propulsores de 1N para serem integrados no satélite Amazônia 1B, baseado na Plataforma Multimissão (PMM), a ser utilizado na Missão ACQUABRASILIS/ACQUAE	DB	Cachoeira Paulista
4.8.1	Desenvolvimento de estudo técnico para implementação do Sistema de Gestão da Qualidade e Segurança do Trabalho dos Bancos de Testes de propulsores, de maneira a garantir a segurança e confiabilidade durante o processo de qualificação de propulsores de 1N para serem integrados no satélite Amazônia 1B, baseado na Plataforma Multimissão (PMM), a ser utilizado na Missão ACQUABRASILIS/ACQUAE	DB	Cachoeira Paulista
5.1.1	Estudo da variabilidade do campo magnético utilizando observações magnéticas de diferentes redes de magnetômetros sobre a América do Sul	DB	São José dos Campos
5.2.1	Estudos das modulações de longo período em raios X do candidato a buraco negro 1E 1740.7–2942 e do comportamento em múltiplos comprimentos de onda de duas supersoft X-ray sources: CAL 83 e CAL 87	DA	São José dos Campos
5.3.1	Estudo do impacto de meteoros e do vento solar na superfície lunar e à ablação de meteoros na alta atmosfera terrestre no setor Brasileiro	DB	São José dos Campos

5.4.1	Desenvolvimento, implementação, testes e integração de subsistemas de radiointerferômetro e radiotelescópios da DIAST/CGCE-INPE	DA	São José dos Campos
5.5.1	Projeto mecânico do protótipo de espectropolarímetro solar	DA	São José dos Campos
5.6.1	Tempestades solares em rádio	DE	São José dos Campos
6.1.1	Projeto COTS-INPE	DA	São José dos Campos
6.2.1	Adaptação dos ambientes de simulação que serão utilizados no Laboratório de Modelagem e Simulação da Dinâmica e do Controle em Malha Fechada de Órbita e Atitude de Veículos Espaciais (Lab MSDC - Atitude e Órbita)	DD	São José dos Campos
6.3.1	Tecnologia de produção e qualificação de tubos de calor, documentada e configurada	DB	São José dos Campos
6.4.1	Projeto Databus – Satélites INPE	DD	São José dos Campos
6.5.1	Desenvolvimento de válvula solenoide para aplicação em propulsores de CubeSat	DB	São José dos Campos
6.6.1	Proposta de desenvolvimento de uma nova geração de PCDU (Power Conditioning and Distribution Unit) para satélites brasileiros	DB	São José dos Campos
7.1.1	Geotecnologias Aplicadas à Análise da Dinâmica dos Espelhos d'Água, Uso e Ocupação do Solo no Bioma Caatinga e Nordeste Brasileiro	DC	Natal - RN
8.1.1	Aprimoramento, manutenção e otimização de processos, procedimentos e métodos na área de Metrologia Espacial	DA	São José dos Campos
8.2.1	Ampliação da faixa de frequências associadas à calibração de medidas de capacitância elétrica	DD	São José dos Campos
8.3.1	Atualização do módulo “Satélites” do sistema eAIT (sistema de informação para apoio ao processo de montagem, integração e testes de satélites)	DD	São José dos Campos

8.4.1	Projeto, construção e caracterização de antena com alta diretividade para uso na caracterização de materiais aplicados a radomes	DA	São José dos Campos
8.5.1	Especificação do Sistema de Software e das Plataformas de Desenvolvimento para o Sistema de Aquisição de Dados Usando IoT e Soc	DD	São José dos Campos
8.6.1	Estudo de viabilidade e implementação de um Sistema de Gestão da Qualidade para qualificação espacial nos Laboratórios de montagem, integração e testes da COMIT	DB	São José dos Campos
8.7.1	Desenvolvimento de medição e calibração de grandezas de massa para aplicações em artefatos de uso espacial e objetos de uso geral	DD	São José dos Campos
9.1.1	Assimilação de dados de radiância no aprimoramento da Previsão Numérica do CPTEC	DA	Cachoeira Paulista
9.2.1	Avaliação dos fluxos de calor entre o oceano e a atmosfera em saídas do modelo oceânico MOM6	DA	Cachoeira Paulista
9.3.1	Previsão de Tempo Estendido no Contexto da Assimilação de Dados por Conjunto	DA	Cachoeira Paulista
9.4.1	Pesquisa e desenvolvimento da componente física do modelo unificado MONAN – microfísica de nuvens	DA	Cachoeira Paulista
9.5.1	Estudo da interação dos processos turbulentos-convecção-microfísica através de simulações de grandes turbilhões (Large-eddy simulation-LES).	DA	Cachoeira Paulista
9.6.1	Atualização e evolução da infraestrutura de supercomputação da Coordenação de Infraestrutura de Dados e Supercomputação (COIDS/CGIP) que disponibiliza infraestrutura para pesquisa, desenvolvimento e operação dos modelos de previsão numérica de tempo e clima do INPE	DD	Cachoeira Paulista
10.1.1	Desenvolvimento e aplicação de ferramentas para processamento e interpretação de base de dados de grande volume de gases de efeito estufa do projeto CARBAM	DA	São José dos Campos

10.2.1	Indicadores de vulnerabilidade climática: Mapeamentos de risco em área de encosta associada a presença de eventos extremos	DA	São José dos Campos
10.3.1	O papel das florestas tropicais úmidas na recarga hídrica – suprimento ou demanda?	DB	São José dos Campos

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 03/07/2023 a 10/07/2023
Prazo para impugnação da Chamada	Até 05/07/2023
Divulgação preliminar das inscrições homologadas	17/07/2023
Prazo para interposição de recurso administrativo das inscrições homologadas	2 (dois) dias úteis após divulgação
Divulgação final das inscrições homologadas	21/07/2023
Divulgação do resultado preliminar	A partir de 04/09/2023
Prazo para interposição de recurso administrativo do resultado preliminar	2 (dois) dias úteis após divulgação
Resultado final (a ser ratificado pelo CNPq após indicação do bolsista na plataforma integrada Carlos Chagas)	Até dia 08/09/2023

3 – Critérios de Elegibilidade

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

3.2 – Quanto ao Proponente:

3.2.1 – O proponente, responsável pela inscrição, 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/2023** 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, na data de indicação do bolsista aprovado;
- f) Não possuir parentesco com ocupantes de funções gratificadas da Instituição, membros da Comissão de Pré-Enquadramento ou da equipe do projeto para o qual deseja se inscrever, em atendimento ao disposto pela Lei nº 8.027, de 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, na data da indicação do bolsista aprovado;
- h) Não estar matriculado em curso de pós-graduação ou ser aluno especial, na data da indicação do bolsista aprovado.
- i) Não possuir pendência de relatórios e/ou prestações de contas junto ao CNPq ou CAPES.

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

INPE Belém (PA)
Prédio 50
Parque de Ciência e Tecnologia do Guamá
Av. Perimetral, 2651
CEP 66077-830
Belém - PA - Brasil

INPE – Cuiabá (MT)
Coordenação Espacial do Centro-Oeste (COECO)
Rua Dr. Hélio Ponce de Arruda, s/nº, Centro Político Administrativo
CNPJ: 01.263.896/0010-55
CEP 78049-944
Cuiabá, Mato Grosso

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\$ 684.840,00 (Seiscentos e oitenta e quatro mil, oitocentos e quarenta 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**, nas suas categorias 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 Inscrição

6. – As inscrições 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 envio das inscrições 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 inscrições 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 solicitação de inscrição seja enviada fora do prazo de submissão, ela não será aceita, razão pela qual não haverá possibilidade da mesma 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 3208-7280.

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 enviá-lo juntamente com a ficha de inscrição e o currículo Lattes no momento da inscrição, para o e-mail pci.programa@inpe.br.

6.5 – O Formulário Inscrição para Bolsa PCI/INPE deverá ser preenchido com os dados do proponente e enviado por e-mail, juntamente com o Currículo Lattes **atualizado em maio/2023 e o formulário de parentesco, todos em formato de arquivo, anexo ao e-mail**, até data limite para submissão da inscrição. Solicitações enviadas **sem formulário de parentesco ou sem Currículo Lattes ou com data de atualização anterior a maio de 2023 não serão aceitas.**

6.6 – Cada proponente poderá se candidatar a, **no máximo, 03 dos projetos** listados no item 1.1, sendo que, para cada projeto, uma Ficha de Inscrição deverá ser preenchida, com os respectivos dados.

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 dos candidatos quanto ao mérito técnico-científico são:

Critérios de análise e julgamento		Peso	Nota
A	Alinhamento 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 candidato 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 o candidato 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 os candidatos empatados 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 inscrições 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 candidato será aferida conforme estabelecido no item 7.1.

7.2.2.3 – Todos os candidatos avaliados 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 de cada candidato, 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 dos candidatos recomendados e não recomendados por projeto, com as respectivas pontuações finais, assim como outras informações e recomendações pertinentes.

a) candidatos avaliados com **média final 6,0 ou menor** serão considerados **não aprovados**.

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

7.2.2.7 – Durante a classificação dos candidatos 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 os candidatos aprovados por projeto, as respectivas classificações e níveis de bolsa recomendados.

8 – Resultado Preliminar do Julgamento

8.1 – A relação de todas as inscrições 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 for 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 do MCTI.

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 do mesmo candidato 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, através do "Formulário Recurso", disponível em <http://www.inpe.br/pci/arquivos/formulario-de-Recurso.pdf>, 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 têm vigência de 4 meses, em decorrência da disponibilidade de recursos financeiros. **Parte ou o total das bolsas, descritas neste Edital, poderão ser prorrogadas a partir 01/02/2024, em havendo disponibilidade de recursos financeiros a partir de fevereiro de 2024.**

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, 28 de junho de 2023.

Clezio Marcos De Nardin
Diretor do INPE



Documento assinado eletronicamente por **Clezio Marcos De Nardin, Diretor do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**, em 29/06/2023, às 18:41 (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 <https://sei.mcti.gov.br/verifica.html>, informando o código verificador **11172927** e o código CRC **8F18F281**.



Anexo I do Edital Nº 76/2023



Projeto 1: PESQUISA E DESENVOLVIMENTOS COM BASE EM DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO APLICADOS À CARACTERIZAÇÃO E MONITORAMENTO DE ECOSISTEMAS DO TERRITÓRIO NACIONAL

Subprojeto 1.1: Modelagem regional acoplada oceano-atmosfera, e os efeitos da mesoescala oceânica na camada limite atmosférica marinha e implicações no Clima do Brasil

1.1.1 – Introdução

Estudos têm mostrado uma estreita correlação entre as estruturas termais associadas à mesoescala oceânica e a resposta da atmosfera sobrejacente, seja ela na camada limite atmosférica marinha (CLAM), ou acima desta, na atmosfera livre (e.g. FRENGER et al. (2013), Pezzi et al. (2021)). De modo geral, é observada uma correlação positiva entre as anomalias da TSM, temperatura do ar em baixos níveis da atmosfera, ventos em superfície, fluxos de calor sensível e latente na superfície e estabilidade da CLAM.

A região do Oceano Atlântico Sudoeste, é marcada por uma grande atividade de mesoescala oceânica gerada pelo encontro de águas quentes e salinas da Corrente do Brasil (CB) com águas frias e menos salinas da Corrente das Malvinas (CM), região conhecida como Confluência Brasil Malvinas (CBM), e pela presença das frentes oceânicas subtropical e subantártica (PEZZI et al., 2016; LEYBA et al., 2017). Nestas regiões de intenso gradiente termal e através de principalmente instabilidade baroclínica, é observada a formação de vórtices e meandros que são observados durante todo o ano (LEYBA et al., 2017). Porém, a atividade de mesoescala oceânica não se restringe somente às latitudes médias, como no oceano Atlântico Sudoeste, mas pode ser observada em outras regiões como no oceano Austral, onde foi mostrado que a presença de vórtices de mesoescala modificam a precipitação (FRENGER et al., 2013).

Além do acoplamento termodinâmico entre o oceano e a atmosfera, o acoplamento dinâmico entre estes meios, considerando as correntes oceânicas de superfície e o vento nos baixos níveis da atmosfera têm sido estudados devido à sua influência em ambos os meios (RENAULT et al., 2019). Modelos acoplados oceano-atmosfera tem sido fundamentais no estudo de ambos os acoplamentos em diversas regiões do oceano global (e.g. Renault et al. (2019) e vários outros autores).

Dessa forma, buscando ampliar o conhecimento sobre a influência da mesoescala oceânica na atmosfera, o modelo regional acoplado *Coupled Ocean Atmosphere Wave Sediment Transport* (COAWST v3.4; Warner et al. (2010)) será utilizado neste estudo. Além disso, um filtro espacial bidimensional *Locally Weighted Smoothing* (LOESS) será empregado para filtrar a alta frequência termal da superfície oceânica, associada à mesoescala oceânica. O acoplamento vento-corrente no cálculo da tensão de cisalhamento do vento também poderá considerado nas simulações numéricas.

Este subprojeto propõe ações necessárias para atingir as atividades **19 a 23** do item **1.4 (Atividades de Execução)** e os **objetivos específicos 4** principalmente, e o **3** do Projeto 1: **PESQUISA E DESENVOLVIMENTOS COM BASE EM DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO APLICADOS À CARACTERIZAÇÃO E MONITORAMENTO DE ECOSISTEMAS DO TERRITÓRIO NACIONAL** do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE.

1.1.2 - Objetivo Geral

O objetivo geral deste estudo é, definir a influência da mesoescala oceânica, presente no oceano Atlântico Sudoeste na Camada Limite Atmosférica Marinha sobrejacente e e implicações no Clima do Brasil. Para alcançá-lo, os seguintes objetivos específicos são propostos:

1. Revisar e entender o estado da arte sobre a influência da mesoescala oceânica na atmosfera, com foco na região do Oceano Atlântico Sudoeste.

2. Realizar e analisar simulações numéricas com um modelo regional acoplado utilizando as componentes atmosférica, oceânica e de gelo marinho na área de estudo.
3. Implementar um filtro espacial e determinar o seu melhor ajuste para remover a alta frequência termal da superfície oceânica, que represente as feições de mesoescala oceânica presentes na região.

1.1.3 – Insumos

1.1.3.1 – Custeio

Finalidade	Item de Custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)
	Diárias: R\$ 0.000 Passagens: R\$ 0.000	R\$ 0.000

1.1.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quant
1.1.1	Profissional com formação em Meteorologia, Oceanografia 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.	Experiência comprovada em modelagem numérica regional acoplada e desenvolvimento computacional	1-2-3	D-B	4	1

1.1.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			Out/23	Nov/23	Dez/23	Jan/24
1. Revisão bibliográfica acerca da influência da mesoescala oceânica na atmosfera	1	Monografia introdutória para o relatório final	X	X		
2. Testes com as componentes oceânica e atmosférica modelo regional acoplado	1, 2	Modelo numericamente estável e realizando os experimentos	X	X	X	
3. Investigar o resultado hidrodinâmico e termodinâmico das componentes oceânica e atmosférica do modelo regional acoplado	1, 2	Análise dos resultados numéricos obtidos e comparação com observações coletadas in situ		X	X	X
4. Testes com o filtro espacial LOESS, online	3	Definição do tamanho filtro e verificação de sua eficiência em isolar a mesoescala oceânica			X	X
5. Elaboração de relatórios e/ou artigos científicos	1, 2, 3	Relatórios e demais	X	X	X	X



para divulgação dos resultados obtidos na pesquisa		trabalhos técnicos e científicos				
--	--	----------------------------------	--	--	--	--

1.1.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Meses						
	OUT	NOV	DEZ	JAN			
Atividade 1	X	X	X	X			
Atividade 2	X	X	X	X			
Atividade 3		X	X				
Atividade 4			X	X			
Atividade 5			X	X			

1.1.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			Out	Nov	Dez	Jan
Diagnóstico acerca da influência da mesoescala oceânica na atmosfera	1	Relatório técnico		X		
COAWST Ajustado	2	Relatório técnico				X
Efeito da mesoescala oceânica diagnosticado nas simulações acopladas	3	Relatório técnico				X

1.1.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			Out	Nov	Dez	Jan
1. Aprimoramento das componentes oceânica e atmosférica modelo acoplado COAWST	2	Realização de experimentos numéricos com o modelo estável	X	X	X	
2. Verificação do desempenho das componentes oceânica e atmosférica modelo acoplado COAWST	3	Comparação dos resultados obtidos com os experimentos numéricos com bases observacionais independentes		X	X	
3. Diagnóstico e compreensão do efeito da mesoescala oceânica nos processos de interação oceano-atmosfera e no clima do Brasil	3	Comparação dos resultados obtidos (com o filtro espacial, online) nos experimentos numéricos com bases observacionais			X	X

1.1.8 - Recursos Solicitados



1.1.8.1. Custeio:

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

1.1.8.2. Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00	4	1	16.640,00
	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\$)					16.640,00

1.1.9 -Equipe do Projeto

Coordenador: Luciano Ponzi Pezzi (DIOTG/INPE)

Colaboradores:

Marcelo Santini (DIOTG/INPE)

1.1.10 - Principais Referências Bibliográficas consultadas

- FRENGER, I.; GRUBER, N.; KNUTTI, R.; MUNNICH, M. Imprint of southern ocean eddies on winds, clouds and rainfall. *Nature geoscience*, Nature Publishing Group UK London, v. 6, n. 8, p. 608–612, 2013.
- LEYBA, I. M.; SARACENO, M.; SOLMAN, S. A. Air-sea heat fluxes associated to mesoscale eddies in the southwestern atlantic ocean and their dependence on different regional conditions. *Climate Dynamics*, Springer, v. 49, p. 2491–2501, 2017.
- PEZZI, L. P.; SOUZA, R. B. de; SANTINI, M. F.; MILLER, A. J.; CARVALHO, J. T.; PARISE, C. K.; QUADRO, M. F.; ROSA, E. B.; JUSTINO, F.; SUTIL, U. A. et al. Oceanic eddy-induced modifications to air–sea heat and co2 fluxes in the brazil-malvinas confluence. *Scientific reports*, Nature Publishing Group UK London, v. 11, n. 1, p. 10648, 2021.
- PEZZI, L. P.; SOUZA, R. B. d.; QUADRO, M. F. Uma revisão dos processos de interação oceano-atmosfera em regiões de intenso gradiente termal do oceano atlântico sul baseada em dados observacionais. *Revista Brasileira de Meteorologia*, SciELO Brasil, v. 31, p. 428–453, 2016.
- RENAULT, L.; MASSON, S.; OERDER, V.; JULLIEN, S.; COLAS, F. Disentangling the mesoscale ocean-atmosphere interactions. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, Wiley Online Library, v. 124, n. 3, p. 2164–2178, 2019.
- WARNER, J. C.; ARMSTRONG, B.; HE, R.; ZAMBON, J. B. Development of a coupled ocean–atmosphere–wave–sediment transport (coawst) modeling system. *Ocean modelling*, Elsevier, v. 35, n. 3, p. 230–244, 2010.

Projeto 3: INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

Subprojeto 3.1: Desenvolvimento de software de gestão de portfólio de projetos

3.1.1 – Introdução

Desde meados de 2020, o INPE, por meio da COGPI, vem estruturando a base de dados de seu portfólio de programas, projetos, tecnologias, serviços e produtos. A base de dados atualmente está apoiada no 3PST (Sistema de Gestão de Programas, Projetos, Produtos, Serviços e Tecnologias), versão 1.0; no sistema SIGE3P; no SEI e em arquivos armazenados no servidor da COGPI.

O 3PST 1.0 é um sistema baseado em Microsoft Access desenvolvido pela equipe do SEPEC para a gestão do portfólio de programas e projetos inicialmente. É um sistema monousuário, sem controle de acesso e recursos de segurança, sem acesso via web.

Dessa forma, faz-se necessário desenvolver um software próprio do INPE para a gestão de seu portfólio.

O software a ser desenvolvido deve contemplar as funcionalidades necessárias para a gestão do portfólio de programas, projetos, tecnologias, serviços e produtos do INPE; e ser baseado em plataformas mais recentes e robustas das que a utilizada na versão 1.0, de modo a permitir o acesso simultâneo via web de vários usuários, com controle e segurança adequados. Além disso, deverá abranger a gestão da propriedade intelectual e outras atribuições regimentais do SEPEC.

O projeto prevê o desenvolvimento de dois módulos do sistema: Módulo I para a gestão do portfólio de programas e projetos; e Módulo II para a gestão do catálogo de produtos, serviços e tecnologia.

Este subprojeto colabora com o **Projeto 3** do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE; e está vinculado ao **TAP** “3PST - Sistema de Gestão do Portfólio Institucional” – SEI **01340.000531/2022-28**.

3.1.2 - Objetivo Geral

O objetivo geral do subprojeto " Desenvolvimento de um software de gestão de portfólio de projetos" é desenvolver e implementar um sistema informatizado via web e multiusuário para a gestão do portfólio de programas, projetos, produtos, serviços e tecnologias do INPE.

São objetivos específicos do projeto:

O1 - Desenvolver protótipo do Módulo I do sistema.

3.1.3 - Insumos

3.1.3.1 – Custeio

Não são previstas despesas de custeio.

3.1.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quant
3.1.1	Profissional com diploma de nível superior em Análise de Sistemas, Ciências da Computação, Engenharia da Computação ou áreas afins e com experiência em projetos	Desenvolvimento de banco de dados/sistemas de informação; Linguagens de programação e	O1	DD	4	2

	científicos, tecnológicos ou de inovação	ferramentas <i>open source</i>				
--	--	--------------------------------	--	--	--	--

3.1.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			10/23	11/23	12/23	01/24
Planejamento detalhado das atividades do Projeto	O1	I1 - Planejamento finalizado.	X			
Desenvolvimento de protótipo do Back-end do Módulo I	O1	I2 – Implementação da entrada de dados no cadastro de informações de projetos, programas e serviços			X	
Integração do Back-end com o Front-end do Módulo I	O1	I3 – Cadastro de informações de projetos, programas e serviços efetivado				X
Elaboração de relatório de acompanhamento de atividades	O1	I4 – Relatório de acompanhamento				X

3.1.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Mês			
	10/23	11/23	12/23	01/24
Planejamento detalhado das atividades do Projeto	X			
Desenvolvimento de protótipo do Back-end do Módulo I	X	X	X	
Integração do Back-end com o Front-end do Módulo I			X	X
Elaboração de relatório de acompanhamento de atividades				X

3.1.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Mês			
			10/23	11/23	12/23	01/24



Plano do Projeto	O1	I1	X			
Protótipo do Módulo I	O1	I2 e I3				X
Relatório de acompanhamento de atividades	O1	I5				X

3.1.7 – Resultados Esperados

Espera-se que nessa primeira etapa o Módulo 1 do Sistema esteja modelado e seja capaz de coletar, em modo experimental, informações sobre os projetos portfólio institucional do INPE com agilidade e confiabilidade.

3.1.8 - 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			
	D	2.860,00	4	2	22.880,00
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					22.880,00

3.1.9 - Equipe do Projeto

Alberto de Paula Silva - Tecnologista - COGPI/SEPEC

Adla Bourdoukan – Analista de C&T - COGPI/SEPEC

Bárbara Alessandra Gonçalves Pinheiro Yamada – Tecnologista – CGCT/DIMNT

Nelson Veissid - Pesquisador - COGPI/SEPEC

Ana Carolina das Neves - Estagiária - COGPI/SEPEC

Thamires Barbosa - Estagiária - COGPI/SEPEC



Projeto 4: PROJETO DE DESENVOLVIMENTO E DE PESQUISA DOS LABORATÓRIOS ASSOCIADOS

Subprojeto 4.1: Aplicação de processo de deposição de filmes metálicos em sensores e equipamentos espaciais

4.1.1 – Introdução

O presente projeto tem por objetivo prover soluções e incrementar as competências institucionais do INPE no que tange o desenvolvimento, produção e caracterização de filmes finos metálicos para aplicações espaciais no laboratório de implantação iônica por imersão em plasma (3IP) da Coordenação de Pesquisa Aplicada e Desenvolvimento Tecnológico.

Este subprojeto faz parte do Projeto 4 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE. Está relacionado aos Termos de Aberturas de Projeto constantes nos processos SEI número 01340.003272/2021-14 e 01340.003226/2021-15.

4.1.2 - Objetivo Geral

O Objetivo Geral deste projeto visa a operação do sistema de deposição de filmes finos e aplicação do processo no estudo, desenvolvimento, produção e caracterização de filmes metálicos em peças, sensores e dispositivos a serem embarcados em satélites. Estando de acordo com o Objetivo Estratégico 8 do INPE (Plano Diretor 2022-2026) de “Atualizar e expandir a infraestrutura técnica e de pesquisa e a capacidade operacional do INPE”, mais especificamente com as Metas M-8.3: Atualizar, reorganizar e expandir os laboratórios da Coordenação de Pesquisa Aplicada e Desenvolvimento Tecnológico (COPDT); M-8-4: contribuir com publicações, novos produtos e serviços para a área espacial e ambiental por meio de pesquisa aplicada e desenvolvimento tecnológico nas áreas de combustão e catálise, materiais especiais, dispositivos e sensores, modelagem computacional, computação e matemática aplicada.

Objetivo Específico 1: Definir parâmetros do processo de deposição a plasma de filmes de ouro com maior aderência e qualidade (livre de defeitos) em substratos de alumínio.

Objetivo Específico 2: Operação do sistema de deposição (sistema de vácuo e pulverização catódica, pulsador de alta tensão).

Objetivo Específico 3: Deposição em amostras e caracterização dos recobrimentos obtidos com emissão de relatório.

Objetivo Específico 4: Preparação da superfície e deposição de filme nos sensores do IONEX.

4.1.3 - Insumos

4.1.3.1 – Custeio

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\$)

4.1.3.2 – Bolsas

O projeto em questão demanda a expertise de um(a) profissional com formação em Física, Química, Engenharia ou áreas afins, com experiência prévia na área de Ciência dos Materiais



ou Engenharia dos Materiais. É fundamental que o(a) profissional possua experiência em sistemas de deposição de filmes finos e montagem e instalação de sistemas de vácuo.

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quant
4.1.1	Profissional formado em Física, Química, 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	Ciência e Engenharia de Materiais	1 a 4	D-B	4	1

4.1.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Atividade 1 – Planejamento e levantamento dos parâmetros de deposição	1	Plano de estudos e experimentos	X	X
Atividade 2 – Preparação de amostras e testes de deposição	1,2	Amostras prontas para estudo e caracterização	X	X
Atividade 3 – Treinamento para operação de equipamentos de caracterização	2, 3	Caracterização das amostras e dos filmes depositados	X	X
Atividade 4 – Apoio a instalação de equipamentos no laboratório de plasma	2	Laboratório de plasma organizado e operacional	X	X

4.1.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre			
	2023		2024	
	1	2	1	2
Atividade 1		X	X	X
Atividade 2		X	X	X
Atividade 3		X	X	X
Atividade 4		X	X	X

4.1.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Processo de deposição a plasma operacional	1	Sistema de deposição operacional	X	X

Procedimento de deposição de filmes de ouro sobre alumínio	1, 2 e 3	Manual de procedimento	X	X
Sensores do IONEX finalizados	4	Entrega dos sensores do IONEX		X

4.1.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Definição processo de deposição de ouro sobre alumínio	1, 2	Resultados dos experimentos	X	X
Procedimento de deposição de filmes de ouro sobre alumínio	1, 2 e 3	Relatório	X	X
Bolsista capacitado para operar equipamentos de caracterização	3	Independência para operar os equipamentos	X	X

4.1.8 - 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	-	-	-
	B	4.160,00	4	1	16.640,00
	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\$)					16.640,00

4.1.9 - Equipe do Projeto

Bolsista PCI-B;
 Dra. Carina Barros Mello;
 Dra. Graziela da Silva Savonov;
 Dra. Ing Hwie Tan;
 Ms. Marcelo Petry Rodrigues.

4.1.10 - Referências Bibliográficas

Hoogvliet, J. C.; van Bennekom, W. P. Gold thin-film electrodes: an EQCM study of the influence of chromium and titanium adhesion layers on the response. *Electrochimica* v. 47 p.599-611, 2001.



Mattox, D. M. Handbook of physical vapor deposition (PVD) processing. New Jersey: Noyes Publications, 1998.

Macau, E. E. N. Apostila do programa terceira escola do espaço, Cap.2 Como integrar e testar as partes de um satélite. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2001.

INPE, Satélite científico EQUARS contribuirá para o monitoramento do clima espacial, published in 31/08/2017. Available at http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=4584

Muralikrishna, P.; Abdu, M. A.; Domingos, S.; Vieira, L.P; Oyama, K. I. A plasma diagnostics package for low-latitude observations on board the French-Brazilian microsatellite. *Geofísica International*, v.43, n. 2, p.153-164, 2004.

Projeto 4: PROJETO DE DESENVOLVIMENTO E DE PESQUISA DOS LABORATÓRIOS ASSOCIADOS

Subprojeto 4.2: Elaboração, montagem e testes do circuito de controle do radiômetro térmico

4.2.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 4 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE, e está em linha com o TAP do INPE, Processo SEI: 01340.005858/2021-13. Parte da Coordenação de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico, que englobou os Laboratórios Associados – COPDT 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 o avanço da área espacial e do setor produtivo nacional. Neste contexto, no Grupo de Dispositivos Fotovoltaicos (GDF) que pertence ao COPDT, está em andamento o desenvolvimento de um radiômetro de substituição elétrica (electrical substitution radiometer) para medir a Irradiância Solar Total (TSI, sigla do inglês). Este tipo de radiômetro consiste em um elemento absorvedor (sensor) ligado a um dissipador de calor através de um link de calor de baixa condutividade. O sensor é mantido a uma temperatura constante através de um sistema de controle elétrico. Assim que o corpo do sensor sofre a perturbação, com a incidência de radiação, a temperatura é corrigida pela realimentação (ou controle) adotada, que por seguinte, provoca a variação da corrente elétrica para manter a temperatura do sensor constante. A diferença entre as correntes antes e durante a exposição fornece a irradiância incidente no sensor. Neste contexto, o bolsista de nível D-C executará o subprojeto intitulado “**Elaboração, montagem e testes do circuito de controle do radiômetro térmico**”. Neste subprojeto, o bolsista será responsável pela elaboração, montagem e testes do circuito de medição e controle do radiômetro.

4.2.2 - Objetivo Geral

Atuar em pesquisa básica e aplicada, desenvolvimento e inovação, de caráter tecnológico e científico nas áreas de novos materiais e sensores com aplicações espaciais e ambientais (OE3 do Projeto 4 do Programa de Capacitação Institucional 2018-2023).

Objetivo específico 1 (OE3.2 do Projeto 4 do Programa de Capacitação Institucional 2018-2023) - Desenvolvimento de sistemas de caracterização de dispositivos fotovoltaicos para uso espacial e terrestre.

Objetivo específico 1.1 - Desenvolvimento de um radiômetro térmico de substituição elétrica.

Objetivo específico 1.1.1 - Elaboração, montagem e testes do circuito de controle do radiômetro térmico.

4.2.3 – Insumos

4.2.3.1 – Bolsas

Para o objetivo específico 1, o quantitativo de bolsas PCI necessário é descrito na tabela abaixo:

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/ Nível	Meses	Quant
4.2.1	Profissional com 5 (cinco) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior em	Profissional com prática em elaboração de Placas de Circuitos Impressos, circuitos digitais, microcontroladores, circuitos de aquisição de sinais (tratamento e	1,1.1, 1.1.1	D-C	4	1

	Engenharia da Computação, Engenharia Eletrônica ou áreas afins, ou com grau de mestre	manipulação de dados experimentais). Desejável experiência com simulador de circuitos elétricos.				
--	---	--	--	--	--	--

4.2.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas 2023-2024			
			mês 1	mês 2	mês 3	mês 4
Levantamento dos parâmetros básicos de entrada e saídas do radiômetro	1,1.1, 1.1.1	% execução	100			
Apresentação da Proposta de testes a ser implementado	1,1.1, 1.1.1	% execução	50	100		
Montagem e testes no Programa simulador de circuitos elétricos	1,1.1, 1.1.1	% execução		100		
Montagem e testes dos circuitos elétricos no Protoboard	1,1.1, 1.1.1	% execução		100		
Elaboração de Placa de Circuito Impresso.	1,1.1, 1.1.1	% execução		20	100	
Montagem e testes dos circuitos elétricos na Placa de Circuito Impresso.	1,1.1, 1.1.1	% execução		50	100	
Apresentação completa do teste em bancada	1,1.1, 1.1.1	% execução				100
Elaboração relatório (manual) do teste apresentado ate o momento	1,1.1, 1.1.1	% execução				100

4.2.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	meses			
	2023-2024			
	1	2	3	4
Levantamento dos parâmetros básicos de entrada e saída do radiômetro	X			
Apresentação da Proposta de testes a ser implementado	X	X		
Montagem e testes no Programa simulador de circuitos elétricos		X		
Montagem e testes dos circuitos elétricos no Protoboard		X		
Elaboração de Placa de Circuito Impresso.		X	X	
Montagem e testes dos circuitos elétricos na Placa de Circuito Impresso.			X	X
Apresentação completa do teste em bancada				X
Elaboração relatório (manual) do teste apresentado ate o momento				X

4.2.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas 2023-2024			
			mês 1	mês 2	mês 3	mês 4
Parâmetros básicos de entrada e saída do radiômetro.	1,1.1, 1.1.1	Identificação dos Parâmetros	Identificados			
Proposta de testes a ser implementado	1,1.1, 1.1.1	Procedimentos detalhados	Iniciado	Finalizado		
Circuitos elétricos no Simulador	1,1.1, 1.1.1	Desenho e etapas de simulação		Totalmente efetuados		
Placa de Circuito Impresso - PCB	1,1.1, 1.1.1	Layout e placa física		Layout feito	Placa feita	
Testes implementado em bancada	1,1.1, 1.1.1	Procedimentos detalhados				Totalmente realizado
Apresentação do teste em bancada	1,1.1, 1.1.1	Montagem e procedimentos				Apresentados completamente
Relatório (manual) do teste apresentado até o momento	1,1.1, 1.1.1	Confecção				Completo

4.2.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas 2023-2024			
			Bimestre 1	Bimestre 2	Bimestre 3	Bimestre 4
Realização do teste em bancada	1,1.1, 1.1.1	Sinais enviados e recebidos corretamente				Identificados, apresentados e verificados com êxito

4.2.8 - Recursos Solicitados

Custos: não existe previsão de custeio para este projeto.

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	C	3.380,00	4	1	13.520,00
Total (R\$)					13.520,00

4.2.9 - Equipe do Projeto

Luiz Angelo Berni
 Waldeir Amaral Vilela



Ricardo Toshiyuki Irita

4.2.10 - Referências Bibliográficas

Andre Godoi Lopes, Ricardo Toshiyuki Irita, Luiz Angelo Berni, Waldeir Amaral Vilela, Graziela da Silva Savonov, Franciele Carlesso, Luis Eduardo Antunes Vieira, Edson Luiz de Miranda; Simplified Thermal Model for Absolute Radiometer Simulation; Journal of Solar Energy Engineering, 2021, Vol. 143 / 051004-1. <https://doi.org/10.1115/1.4049939>

Franciele Carlesso, Luis E. A. Vieira, Luiz A. Berni and Graziela da S. Savonov; Design, Implementation and Characterization of Cavity for Absolute Radiometer; Frontiers in Physics , 1 March 2021, Volume 9, Article 598490.
Doi: 10.3389/fphy.2021.598490

André de Godoi Lopes; DESENVOLVIMENTO DE UM RADIÔMETRO ABSOLUTO PARA MEDIDA DA IRRADIÂNCIA SOLAR TOTAL; Dissertação de Mestrado em Engenharia e Tecnologia Espaciais, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2020.

Luiz Angelo Berni, Ricardo Toshiyuki Irita, Waldeir Amaral Vilela; Geometric parameters determination by ray tracing of a radiation-absorbing cavity painted with specular ink; Brazilian Journal of Physics (2022) 52:103
<https://doi.org/10.1007/s13538-022-01105-8>



Projeto 4: PROJETO DE DESENVOLVIMENTO E DE PESQUISA DOS LABORATÓRIOS ASSOCIADOS

Subprojeto 4.3: Desenvolvimento do processo de ensaio (referente a parte do sistema de Vácuo) de qualificação de propulsores de 1N para serem integrados no satélite Amazônia 1B, baseado na Plataforma Multimissão (PMM), a ser utilizado na Missão ACQUABRASILIS/ACQUAE

4.3.1 – Introdução

Conforme declara o Plano Diretor 2022-2026 do INPE, a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico na área de propulsão espacial fazem parte das Competências Essenciais deste Instituto. E uma das etapas do desenvolvimento de propulsores espaciais se dá na qualificação dos mesmos por meio de ensaios realizados no Banco de Testes com Simulação de Altitude (BTSA) da Coordenação de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (COPDT).

Durante estes ensaios, são utilizados como propelentes o Tetróxido de nitrogênio (oxidante) e a Hidrazina ou monometilhidrazina (combustíveis), além da Amônia como gás refrigerante nos Chillers (sistema de refrigeração que faz parte do grupo de Vácuo). Tais substâncias são danosas ao organismo humano, conforme especificado em publicações específicas, como as Normas Regulamentadoras (NR) 15 – Atividades e Operações Insalubres e NR 16 – Atividades e Operações Perigosas, e a documentação ACGIH “TLVs[®] e BEIs[®] Limites de Exposição Ocupacional (TLVs[®]) para Substâncias Químicas e Agentes Físicos & Índices Biológicos de Exposição (BEIs[®])”. Ocorre ainda que os propelentes utilizados (combustíveis e oxidante mencionados) formam um par hipergólico, ou seja, se ambos estiverem presentes no mesmo ambiente em determinadas concentrações, ocorre a combustão espontânea (sem necessidade de uma chama ignitora ou qualquer outro tipo de ignição), e como os propelentes são materiais altamente energéticos, esta combustão em um espaço fechado seria na prática uma explosão, que poderia levar a acidentes e fatalidades, além do dano ao patrimônio público (prédio e equipamentos). Isso torna a revisão e melhoria constante de todas as instalações pertencentes ao sistema, inclusive o sistema de vácuo, uma necessidade constante.

Apesar disso, a tecnologia de propulsão espacial química que utiliza estes propelentes é bastante utilizada na área espacial, dada sua relativa maior confiabilidade em relação a novas tecnologias de propulsão. Porém, dada a criticidade do propulsor no sucesso de uma missão espacial (como no controle da atitude de um satélite, por exemplo), faz-se necessário um processo de testes e qualificação destes propulsores, a ser realizado em Bancos de Testes capaz de simular vácuo. O INPE dispõe de um Banco de Testes com Simulação de Altitude (BTSA), capaz de simular as condições extremas de trabalho (em ambiente de vácuo) na qual estes propulsores terão que atingir seu desempenho esperado.

Neste projeto, pretende-se desenvolver e montar/revisar a infraestrutura necessária a realização da campanha de testes destes propulsores de 1N, permitindo que o ensaio de qualificação do propulsor tenha o rigor técnico necessário para assegurar o desempenho do mesmo, e ainda com o objetivo de proteger a saúde ocupacional dos operadores, garantir a segurança deles e a integridade do patrimônio público, dado o risco inerente ao se trabalhar com tais propelentes. Assim, o projeto almeja a revisão e melhoria da infraestrutura do sistema de Vácuo do BTSA, incluindo desde o sistema da linha de vácuo que produz o vácuo nas câmaras de vácuo, e o sistema pressurizado de comando de válvulas do sistema de vácuo, e máquinas de fluxo, sistemas de refrigeração e caldeiras que fazem parte deste sistema, até a sistemática de operação do sistema de vácuo como um todo, e planejamento e acompanhamento dos testes, permitindo que os testes sejam realizados de forma segura e apresente resultados confiáveis.

Este subprojeto consta no Projeto 4 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE. Está relacionado ao Termo de Abertura de Projeto – TAP SEI número 01340.000947/2023-27 intitulado “Ensaio de Qualificação de Propulsores de 1N para Missão ACQUABRASILIS/ACQUA”.

4.3.2 - Objetivo Geral



O Objetivo Geral deste projeto visa a obtenção de Bancos de Teste (BTSA) com seu sistema de vácuo devidamente instalado, verificado, documentado e operacional, capaz de testar propulsores espaciais com a necessária segurança e qualidade, sem vazamentos/perda de carga e que permitam a comunicação com os sistemas de Aquisição e Controle (medidores de vazão etc.), 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: Revisão da linha de vácuo do BTSA, verificando a situação atual da linha (vazamentos, calibração dos medidores de vazão, etc.), e elaboração de Plano de Ação Técnico para melhorias necessárias para os testes.

Objetivo Específico 2: Elaboração de documentação referente às alterações propostas e realizadas no sistema de vácuo do BTSA.

Objetivo Específico 3: Apoio nas operações de manutenção e instalações/melhorias dos Bancos de Testes (BTSA) e também durante a realização dos testes.

Objetivo Específico 4: Revisão e acompanhamento dos processos de trabalho referentes a operação dos sistemas de vácuo no BTSA, bem como apoio durante as operações em vácuo.

4.3.3 - Insumos

4.3.3.1 – Custeio

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\$)
-	-	-
-	-	-
-	-	-

4.3.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quant
4.3.1	Profissional formado em Engenharia Mecânica, Engenharia Naval, Engenharia de Produção Mecânica 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	Com experiência em sistemas de vácuo e/ou bombas de vácuo. Desejável conhecimento em projeto, operação e manutenção de sistemas de vácuo. Desejável conhecimento em caldeiras, sistemas de refrigeração e vasos de pressão. Desejável conhecimento em mecânica dos fluidos e máquinas de fluxo.	1 a 4	D-B	4	*1

* Em havendo **disponibilidade de recursos para o subprojeto**, poder-se-á chamar os candidatos subsequentes da lista de classificação.

4.3.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Atividade 1 – planejamento e levantamento do status da linha, e ações necessárias para reparos e melhorias	1	Checklist de inspeção da linha e listagem de ações necessárias	X	X
Atividade 2 – estudo e elaboração da documentação revisada referente a infraestrutura de Vácuo do Banco de Teste, bem como implementação das melhorias	1,2	Documentação técnica estruturada, incluindo diagramas/plantas conforme necessidade, e relatório técnico.	X	X
Atividade 3 – Apoio nos testes e demais atividades dos Bancos de Testes	3	Relatório das operações.	X	X
Atividade 5 – Revisão e apoio nos processos e atividades de operação de vácuo	4	Documentação revisada e relatórios de atividades.	X	X
Atividade 6 – Prover sistemas de vácuo do BTSA revisados e operacionais	1, 2, 3, 4	Documentação e relatório.	X	X

4.3.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre												
	2022		2023		2024		2025		2026		2027		
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
Atividade 1				X	X								
Atividade 2				X	X								
Atividade 3				X	X								
Atividade 4				X	X								
Atividade 5				X	X								
Atividade 6				X	X								

4.3.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Diagnóstico da linha de vácuo do BTSA	1,2	Checklist de inspeção da linha e listagem de ações necessárias	x	x
Sistema de vácuo do BTSA operacional e com documentação revisada.	1,2	Documentação técnica estruturada, incluindo diagramas/plantas conforme necessidade, e relatório técnico.	x	x
Realização dos testes de propulsores de 1N	1, 2, 4	Relatório das operações.	x	x

4.3.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024



Linhas de Vácuo do BTSA revisadas e operacionais	1, 2, 3, 4	Documentação técnica estruturada, incluindo diagramas/plantas conforme necessidade, e relatório técnico.	x	x
Propulsores de 1N qualificados com segurança e qualidade	1, 2, 3, 4	Relatório das operações.	x	x

4.3.8 - 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	-	-	-
	B	4.160,00	4	*1	16.640,00
	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\$)					16.640,00

* Em havendo **disponibilidade de recursos para o subprojeto**, poder-se-á chamar os candidatos subsequentes da lista de classificação.

4.3.9 - Equipe do Projeto

Bolsista PCI-B;
Douglas Miranda Rodrigues;
Isaías Oliveira,
Aguinaldo Martins Serra Júnior.

4.3.10 - Referências Bibliográficas

[1] ACGIH. **Limites de exposição ocupacional (TLVs) para substâncias químicas e agentes físicos**. São Paulo: ABHO, 2014.

[2] CALEGÃO, I. C. C. et al. **Segurança e manuseio de hidrazina anidra**. Cachoeira Paulista: INPE, 1995.

[3] SUTTON, G. P.; BIBLARZ, O. **Rocket Propulsion Elements**. 7th ed. New York: John Wiley & Sons, 2001.

[4] TURNER, M. J. L. **Rocket and Spacecraft Propulsion**. 2nd ed. New York: Springer, 2006.

[5] LEY, W; WITTMAN, K; HALLMAN, W. **Handbook of Space Technology**. New York: John Wiley & Sons, 2009.

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

Subprojeto 4.4: Uma Nova Configuração de Combustão com Controle Externo do Arrasto de Oxidante

4.4.1 – Introdução

A eficiência de um sistema propulsivo aeroespacial passa obrigatoriamente pela eficiência da combustão dos propelentes, que está diretamente relacionada com os sistema de injeção dos mesmos na câmara de combustão [1]. Da mesma forma, a eficiência de sistema de combustão industrial passa pela eficiência da queima dos combustíveis. Neste último caso, entretanto, os efeitos causados pela emissão de dióxido de carbono e de particulados orgânicos na atmosfera (e.g. mudanças climáticas e doenças respiratórias e câncer) estão obrigando as sociedades a buscarem alternativas para a matriz energética atual baseada na queima de combustíveis fósseis [2]. Enquanto não se alcançar a nova condição de não emissões na nova matriz energética, as pesquisas na área da Ciência de Combustão estarão focadas na mitigação destas emissões e para isso o conhecimento detalhado dos processos de combustão é imperioso. Uma das linhas de estudo da combustão está diretamente relacionada com o sistema de injeção de reagentes.

Esta proposta (registrada no Termo de Abertura de Projeto -SEI 01340.004289/2021-81- e que consta no Projeto 4 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE) tem por objetivo estudar um novo conceito de queimador que opera com a combustão não pré-misturada e, a partir dos resultados, propor e construir um protótipo de queimador.

A combustão do tipo não pré-misturada é amplamente utilizada (e.g. motor a Diesel, queimadores industriais, turbinas a gás e aeronáuticas) por causa da segurança (o combustível não se autoignita devido a ausência de oxidante), porém a desvantagem é a formação de fuligem e outros compostos nocivos a saúde. Estes fatores negativos são causados pelo controle indireto da mistura ar-combustível na chama. O grau de mistura está relacionado com a forma da injeção de ar e combustível na câmara de combustão. Além da geometria dos escoamentos de ar e combustível, um outro fator favorável a mistura dos reagentes é a turbulência [3].

A ideia original deste projeto (integralmente gerada e concebida no Grupo de Combustão – COPDT) está na disposição dos jatos de combustível e ar, permitindo um controle direto do transporte de ar para a chama. A nova geometria do injetor/queimador é a colocação de um injetor cilíndrico de combustível no meio de jatos opostos impingentes de oxidante. Os resultados preliminares mostram que esta configuração dos jatos de ar e combustível tornam a chama mais compacta – maior eficiência na combustão [4-9], portanto queimador de dimensões menores. A formação de fuligem é um processo intrínseco da combustão não pré misturada, porém fortemente dependente do tempo de residência dentro da chama. Logo, chamas menores significa tempo de residência menor com a consequente redução na formação de fuligem. Ademais disso, nos queimadores clássicos, parte da fuligem

sofre oxidação ao passar pela chama. A outra parte não queimada nos queimadores clássicos é lançada na atmosfera. No injetor/queimador proposto, a fuligem ao passar pela chama fica restrita em uma região com alta concentração de ar e alta temperatura, favorecendo a oxidação da fuligem. Por tanto, este injetor/queimador com esta nova geometria tem potencial para tornar a combustão mais eficiente e com menor emissão de poluentes.

Por causa do aspecto inovador do processo de combustão baseada em uma nova geometria imposta pelos escoamentos de combustível e oxidante, a pesquisa e desenvolvimento de um injetor/queimador demandam que **i)** a construção de uma bancada de testes e **ii)** o estudo experimental caminhem em paralelo com **iii)** um estudo teórico a nível fundamental de um modelo simplificado que permita a compreensão física e **iv)** simulação de modelos envolvendo todos os fenômenos de transporte envolvidos no problema. E com base nestes resultados, **v)** elaborar um projeto de um queimador já com características para o uso aeroespacial e/ou industrial e **vi)** construir um protótipo.

Toda fundamentação teórica, modelagem matemática e atividades para o estudo deste novo queimador estão apresentados no Apêndice.

4.4.2 - Objetivo Geral

O objetivo geral do projeto 4 é o desenvolvimento da parte física dos laboratórios e as pesquisas resultantes estejam diretamente relacionados às diretrizes estratégicas da instituição.

Objetivo Específico 1 (PCI 2019-2023: 4.8): Estudo exploratório de uma configuração inovadora de injetor (aeroespacial) / queimador (industrial) composta de um injetor cilíndrico no meio de dois jatos opostos impingentes.

Objetivo Específico 2 (PCI 2019-2023: 4.7): Construção de uma bancada experimental para testes da nova configuração dos escoamentos de propelentes (aeroespacial) / reagentes (industrial): injetor cilíndrico de combustível no meio de jatos impingentes: escoamento sem e com reação química.

Objetivo Específico 3 (PCI 2019-2023: 4.7): Estudo de casos realizados na bancada experimental.

Objetivo Específico 4 (PCI 2019-23: 4.6): Estudo teórico de um modelo simplificado.

Objetivo Específico 5 (PCI 2019-23: 4.6): Estudo numérico do injetor cilíndrico de combustível no meio de jatos impingentes: escoamento sem reação química.

Objetivo Específico 6 (PCI 2019-23: 4.6): Estudo numérico do injetor cilíndrico de combustível no meio de jatos impingentes: escoamento com reação química.

Objetivo Específico 7 (PCI 2019-23: 4.7): Projeto de um injetor (aeroespacial) / queimador (industrial).

Objetivo Específico 8 (PCI 2019-23: 4.7): Construção de um protótipo.

4.4.3 - Insumos

4.4.3.1 – Custeio



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\$)
Trazer em 2023 o Dr. Vinicius M. Sauer para a validação da bancada experimental	Passagem Aérea São Paulo – Los Angeles – São Paulo e diárias	R\$ 20.000,00
Trazer em 2024 o Dr. Vinicius M. Sauer para ensinar técnicas ópticas de medidas de temperatura	Passagem Aérea São Paulo – Los Angeles – São Paulo e diárias	R\$ 20.000,00

4.4.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria /nível	Meses	Quant
4.4.1	Profissional formado em Engenharia Mecânica, de Energia, Aeronáutica, Mecânica Aeronáutica, Aeroespacial, Química 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	Montagem de Bancada & Aquisição e Tratamento de Dados na Área da Combustão	1 a 8	DC	4	1

4.4.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2023	2024	2025	2026	2027
Construção Bancada / Resultados Experimentais	1	Início dos experimentos/Artigo Científico : descrição da bancada	XX	XXXX			
Estudo Teórico	2	Artigo Científico:	XX	XX			



Simulação - Numérica: sem e com reação química	3	Artigos Científicos		XXXX XXXX			
---	---	------------------------	--	----------------------------	--	--	--

4.4.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre									
	2023		2024		2025		2026		2027	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Construção Bancada		XX	XX							
Estudo Experimental			XX							
Estudo Teórico		XX	XX							

Simulação Numérica: caso sem e com combustão			XX XX							
---	--	--	------------------------	--	--	--	--	--	--	--

4.4.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2023	2024	2025	2026	2027
Art. Científico	1	Publicação		XXXX XXXX			
Art. Científico	2	Publicação		XXXX XXXX			
Art. Científico	3	Publicação		XXXX XXXX			

4.4.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2023	2024	2025	2026	2027
Competência Construção Bancada	1, 2	Banca pronta	XXXX	XXXX			
Competência em Estudo Experimental	1, 3	Realização de medidas de temperatura		XXXX			



Competência nos Estudos Teórico e Numéricos	4 - 6	Análise Teórica e Software de Simulação		XXXX XXXX			
---	-------	---	--	--------------	--	--	--

4.4.8 - Recursos Solicitados

Custeio:

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

- 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;
- possibilitar a participação de consultores ou instrutores especializados, brasileiros ou estrangeiros, como forma de complementação da competência das equipes.

Custeio	Valor (R\$)
Diárias	R\$ 30.000,00
Passagens	R\$ 10.000,00
Total (R\$)	R\$ 40.000,00

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00			
	C	3.380,00	4	1	13.520,00
	D	2.860,00			
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					13.520,00

4.4.9 - Equipe do Projeto

- Fernando Fachini Filho – Grupo de Combustão e Propulsão – COPDT – INPE
- Dr. Vinicius Maron Sauer, Department of Mechanical Engineering, California State University, Northridge, CA, Estados Unidos.
- Dr. Leandro Marochio Fernandes, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Federal de Ensino do Espírito Santo, Cachoeiro do Itapemirim, ES.



4- M.Sc. Matheus de Padua Severino, mestrado ETE - INPE, estudante de doutorado, Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, USP, São Carlos – SP

5- B.Sc. Eduardo Reis Sampaio Filho, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Federal de Ensino do Espírito Santo, Cachoeiro do Itapemerim, ES.

4.4.10 - Referências Bibliográficas

- [1] George P. Sutton, Oscar Biblarz, *Rocket Propulsion Elements*, 9th Edition, Wiley, 2016.
- [2] Rituraj Niranhani, Ashwani K. Thakur, The Toxicological Mechanisms of Environmental Soot (Black Carbon) and Carbon Black: Focus on Oxidative Stress and Inflammatory Pathways, *Frontier Immunology: Review*, 2017, doi:[10.3389/fimmu.2017.00763](https://doi.org/10.3389/fimmu.2017.00763)
- [3] Ahmet E. Karatas, Omer L. Gulder, Soot formation in high pressure laminar diffusion flames, *Progress in Energy and Combustion Science*, 38 (2012) 818-845.
- [4] Rafael P. Bianchin, Mariovane S. Donini, Cesar F. Cristaldo, Fernando F. Fachini, On the global structure and asymptotic stability of low-stretch diffusion flame: Forced convection, *Proceedings of the Combustion Institute*, 37 (2019) 1903-1910.
- [5] Mariovane S. Donini, Cesar F. Cristaldo, Fernando F. Fachini, Buoyant Tsuji diffusion flames: global flame structure and flow field, *Journal of Fluid Mechanics*, 895 (2020) A17.
- [6] Matheus de Padua Severino, Diffusion flames with continuous change in properties: from counterflow regime (Tsuji flame) to coflow regime (Burke-Schumann flame), Dissertação, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2020.
- [7] Matheus de Padua Severino, Mariovane S. Donini, Fernando F. Fachini, *Dynamics of diffusion flames in a very low strain rate flow field: from transient one-dimensional to stationary two-dimensional regime*, *Combustion Theory and Modelling*, 25 (2021)
- [8] Matheus P. Severino, Mariovane S. Donini, Fernando F. Fachini, Mathematical modelling of diffusion flames with continuous geometric variation between counterflow and coflow regimes, *Applied Mathematical Modelling*, 106 (2022) 659-681.
- [9] Matheus P. Severino, Vinicius M. Sauer, Fernando F. Fachini, *Double Tsuji diffusion flames in flow fields at high strain rates*, (2023) a ser submetido.



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

Subprojeto 4.5: Desenvolvimento, Instalação e Teste de Sistema de Deposição Física à Vapor Ionizado com o Uso de Magnetron Sputtering

4.5.1 – Introdução

A Coordenação-Geral de Infraestrutura e Pesquisas Aplicadas (CGIP) é uma Unidade do Instituto Nacional de Pesquisas espaciais voltada ao provimento de infraestrutura organizacional e serviços integrados de pesquisas aplicadas nas áreas de recepção, processamento e distribuição de dados, em serviços de computação aplicada, modelagem computacional e supercomputação e em manufatura, integração e testes de equipamentos científicos e tecnológicos. As competências dessa Coordenação incluem manter a infraestrutura institucional operacional e contínua de recepção, geração, processamento e distribuição de dados das iniciativas institucionais; gerenciar a captação de recursos entre as unidades da coordenação; realizar a integração técnica de infraestrutura operacional para a realização de pesquisas aplicadas, no âmbito de competência Instituto; gerenciar uma estrutura para o gerenciamento do portfólio, programas, projetos e processos da coordenação; realizar transferência de tecnologia e de conhecimento para instituições de ensino, empresas e sociedade em geral, de acordo com as definições e regras institucionais e realizar atividades de divulgação e disseminação científica e tecnológica sobre infraestrutura de pesquisa para a sociedade brasileira.

Dentre as Áreas de Coordenação subordinadas a CGIP, temos a Coordenação de Pesquisa Aplicada e Desenvolvimento Tecnológico (COPDT) que responde pelas seguintes competências:

1. coordenar as atividades de consultoria, pesquisa aplicada e desenvolvimento tecnológico nas áreas de combustão e catálise, materiais especiais, dispositivos e sensores para uso espacial e ambiental, modelagem matemática e de sistemas, computação e matemática aplicada;
2. prestar serviços em pesquisa aplicada e desenvolvimento tecnológico nas áreas de combustão e catálise, materiais especiais, dispositivos e sensores para uso espacial e ambiental, modelagem matemática e de sistemas, computação e matemática aplicada;
3. incentivar o intercâmbio científico, a divulgação e a transferência de tecnologia dos resultados de pesquisa e desenvolvimento obtidos por suas áreas de atuação;
4. buscar o domínio de tecnologias de ponta e de interesse estratégico às atividades espaciais ou correlatas, no âmbito de sua competência;
5. realizar cooperação e intercâmbio científico e tecnológico com instituições nacionais e internacionais, no âmbito de sua competência;
6. contribuir para a formação de recursos humanos, em nível de graduação e de pós-graduação, no âmbito de sua competência;
7. 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;
8. obter o domínio de técnicas, processos e desenvolvimento de tecnologias críticas em suas áreas de atuação; e
9. realizar projetos de consultoria, pesquisa e desenvolvimento em computação aplicada, modelagem matemática e de sistemas, e computação e matemática aplicada, nas áreas de interesse espacial ou correlatas.

Este subprojeto visa promover as competências do COPDT quanto à prestação de serviços em pesquisa aplicada e desenvolvimento tecnológico na área de materiais especiais e dispositivos para uso espacial, quanto ao domínio de tecnologia de ponta e de interesse estratégico às atividades espaciais e quanto ao domínio de técnicas, processos e desenvolvimento de tecnologias críticas voltadas ao setor espacial.

Este subprojeto trata da implementação e teste de um sistema de tratamento a plasma utilizando a técnica conhecida como *magnetron sputtering*. Esta técnica tem sido utilizada no Laboratório de Plasma do INPE há vários anos, entretanto com uma cabeça de *magnetron* de

pequeno diâmetro. No presente subprojeto objetiva-se instalar um sistema de *magnetron sputtering* com uma cabeça circular de quatro polegadas acoplada a uma fonte de radiofrequência na câmara de vácuo do sistema de tratamento a plasma denominado 3IP-CE, que é utilizado para o tratamento de componentes espaciais destinados a satélites do INPE.

A técnica de tratamento por descarga *magnetron sputtering* é amplamente adotada em vários processos de formação de camadas de filmes finos e em processos de fabricação de circuitos integrados. Em um processo de *magnetron sputtering* convencional uma pequena fração dos átomos esputerados (arrancados de um alvo) está ionizada. Ao longo das últimas décadas várias técnicas de *magnetron sputtering* têm surgido de modo a possibilitar um aumento do grau de ionização do vapor esputerado. A aplicação de uma descarga secundária à descarga formada pela descarga *magnetron sputtering* pode ser feita por meio de uma fonte de plasma acoplada indutivamente ou por meio de uma fonte de micro-ondas de maneira a aumentar a fração de íons na descarga. Outra técnica utilizada para aumentar o grau de ionização do vapor da descarga é através do uso de pulsos de alta tensão. Neste último caso a técnica é conhecida como *HiPIMS (High Pulse Ionization Magnetron Sputtering)* e um plasma de alta densidade pode ser formado por meio da aplicação de pulsos elétricos de baixa frequência e baixo ciclo de trabalho (*duty cycle*) ao dispositivo *magnetron sputtering* [1].

Quando o fluxo de deposição consiste mais de íons do que de partículas neutras, dizemos que o processo é uma deposição física a vapor ionizado (*IPVD, Ionized Physical Vapour Deposition*). Nesse caso, através da aplicação controlada de uma tensão elétrica ao substrato, pode-se controlar a energia de bombardeamento dos íons, o que apresenta diversas vantagens em termos de qualidade do filme formado já que se pode depositar filmes mais densos, com melhor adesão, que podem ser depositados sobre áreas seletivas, que podem ser formados sobre substratos de formatos complexos e que podem ser formados com controle de reatividade, diminuindo a temperatura de deposição [1]

Deste modo, a técnica de *magnetron sputtering* pode prover soluções de engenharia de filmes e superfícies que não podem ser atingidas pelas técnicas convencionais de tratamento a plasma, mais especificamente a implantação iônica por imersão em plasma.

Este subprojeto consta no Projeto 04 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2019-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE, e está relacionado ao Termo de Abertura de Projeto – TAP 01340.002075/2023-31.

4.5.2 - Objetivo Geral

O **Objetivo Geral** deste subprojeto atende ao Objetivo Estratégico OE-8 do plano diretor 2022-206 do INPE, assim expresso:

“OE-8: Atualizar e expandir a infraestrutura técnica e de pesquisa, e a capacidade operacional do INPE”

O objetivo geral deste subprojeto é o desenvolvimento, instalação e teste de sistema de deposição física à vapor ionizado com o uso de *magnetron sputtering* para a formação de filmes protetivos destinados à melhoria de desempenho de materiais e componentes de uso aeroespacial.

O processo de deposição de filmes via *magnetron sputtering* permite a obtenção de filmes com propriedades inéditas e que podem ser ‘confeccionadas’ de um modo bastante seletivo e único.

Vale destacar que este subprojeto está estabelecido dentro do escopo do documento “Programa de Capacitação Institucional – PCI 2019-2023 / PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIAS ESPACIAIS E SUAS APLICAÇÕES”, de novembro de 2018, especificamente em relação ao objetivo geral e às atividades do Projeto 3 – INOVAÇÃO TECNOLÓGICA e ao Objetivo Específico 3, uma vez que toda pesquisa inovadora em ciência e tecnologia do instituto tende a gerar procedimentos e resultados que podem dar origem ou melhoria à normas internas para a aplicação do novo Marco Legal da Ciência, Tecnologia e Inovação nas atividades desenvolvidas pelo INPE.

Objetivo Específico 1: Implementar a infraestrutura necessária para a operacionalização um sistema de tratamento à plasma via magnetron sputtering no sistema 3IP-CE do Laboratório de Plasma do INPE, Prédio Materiais, térreo, sala 12.

4.5.3 - Insumos

4.5.3.1 – Custeio

Este subprojeto não prevê despesas com custeio.

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

4.5.3.2 – Bolsas

O subprojeto tem a necessidade de um especialista com os requisitos descritos na tabela a seguir, com dedicação de 40 horas semanais para a consecução do objetivo específico 1 dentro do prazo estabelecido.

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/ nível	Meses	Quant
4.5.1	Profissional com diploma de nível superior em Engenharia Mecânica, Elétrica, Eletrônica, Química ou áreas afins e com experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação	Experiência com sistemas de vácuo e de tratamento a plasma	1	D-D	04	1

4.5.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			Out-2023	Nov-2023	Dez-2023	Jan-2024
Instalar alimentação de gás argônio para o magnetron	1	Sistema de alimentação de gás argônio instalados	X			
Instalar sistema de alimentação de ar comprimido para o magnetron	1	Sistema de alimentação de ar comprimido instalado		X		
Instalar sistema de alimentação de água de refrigeração para o magnetron	1	Sistema de alimentação de água de refrigeração instalado			X	



Instalar sistema de alimentação elétrica para o magnetron		Sistema de alimentação elétrica para o magnetron instalado				X	
---	--	--	--	--	--	---	--

4.5.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Mês			
	2023			2024
	Out	Nov.	Dez	Jan
1. Instalar alimentação de gás argônio para o magnetron	X			
2. Instalar sistema de alimentação de ar comprimido para o magnetron		X		
3. Instalar sistema de alimentação de água de refrigeração para o magnetron			X	
4. Instalar sistema de alimentação elétrica para o magnetron				X

4.5.6 – Produtos

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			Out-2023	Nov-2023	Dez-2023	Jan-2024	
Instalar alimentação de gás argônio para o magnetron	1	Sistema de alimentação de gás argônio instalado	X				
Instalar sistema de alimentação de ar comprimido para o magnetron	1	Sistema de alimentação de ar comprimido instalado		X			
Instalar sistema de alimentação de água de refrigeração para o magnetron	1	Sistema de alimentação de água de refrigeração instalado			X		
Instalar sistema de alimentação elétrica para o magnetron		Sistema de alimentação elétrica para o magnetron instalado				X	

4.5.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			JAN/24				



Possibilidade de instalação da cabeça do magnetron no sistema de tratamento 3IP-CE	1	Todos os sistemas de suporte (água, gás argônio, ar comprimido e energia elétrica) instalados	X				
--	---	---	---	--	--	--	--

4.5.8 - Recursos Solicitados

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	0,00
Passagens	0,00
Total (R\$)	

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	4	1	11.440,00
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					11.440,00

4.5.9 - Equipe do Projeto

André Ricardo Marcondes – SIAPE 1488926

Rogério de Moraes Oliveira – SIAPE 664508

Samantha de Fátima Magalhães Mariano – Bolsista PCI

4.5.10 - Referências Bibliográficas

[1] GUDMUNDSSON, J. T. Ionized physical vapor deposition (IPVD): magnetron sputtering discharges. In: **Journal of Physics: Conference Series**. IOP Publishing, 2008. p. 082002.

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



Projeto 4: PROJETO DE DESENVOLVIMENTO E DE PESQUISA DOS LABORATÓRIOS ASSOCIADOS

Subprojeto 4.6: Preparação de sistema de crescimento de filmes de carbono em sistemas de alto vácuo para o desenvolvimento de materiais especiais para aplicação na área espacial

4.6.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 4 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE.

A Coordenação de Pesquisa Aplicada e Desenvolvimento Tecnológico (COPDT) vêm desenvolvendo projetos relacionados à integração cada vez mais próxima das atividades do INPE, especialmente envolvendo as diferentes coordenações. Atuam 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 contínua 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 para um eficiente aproveitamento das tecnologias aqui desenvolvidas, além de aprofundar a disseminação do conhecimento científico a fins.

Materiais avançados a base de carbono desempenham um papel muito importante na ciência e na tecnologia atual. No Brasil, trabalhos de pesquisas e de desenvolvimento vêm sendo conduzidos pelo grupo DIMARE (Diamante e Materiais Relacionados) do INPE. O espectro de pesquisa é amplo, sendo estas o estudo de materiais de carbono, micro e nano estruturados, amorfo, policristalino e monocristalino [2]-[5], obtidos pela deposição química a partir da fase vapor (do Inglês – Chemical Vapor Deposition). Em geral, estes materiais apresentam excelentes propriedades, como elevada dureza, baixo coeficiente de atrito, elevada resistência mecânica, baixa taxa de desgaste, alta biocompatibilidade, boa transparência ótica, alta condutividade térmica, entre outras. Estes filmes também permitem a incorporação de nanopartículas metálicas e não metálicas e/ou dopagens em sua matriz, com o intuito de melhorar ainda mais as características citadas acima. Atualmente, na equipe DIMARE está sendo conduzido o desenvolvimento de novos materiais como os diamantes CVD monocristalino e os filmes de DLC (*Diamond-Like Carbon*) dopados com Boro. O primeiro para estudos de baterias nucleares, dispositivos semicondutores, dispositivos para computação quântica, dissipadores de calor, ótica de alta potência, etc.. E o último a ser aplicado como lubrificante sólido de alto desempenho, especialmente, para a área espacial, filmes protetores de diversos materiais para diferentes segmentos industriais.

Neste contexto, é imperioso para a nossa equipe, com os resultados já alcançados e as boas perspectivas de novas contribuições, manter operacionais, e mesmo melhorar, os sistemas de deposição constituídos por fontes de potência pulsadas, sistemas eletrônicos usados para o controle da pressão e entrada dos gases, entre outros e, dar continuidade ao trabalho de pesquisa e desenvolvimento tecnológico que vêm sendo realizados.

4.6.2 - Objetivo Geral

O Objetivo Geral deste projeto está vinculado com o Objetivo Específico OE3 do Projeto Institucional e visa a realização de atividades técnicas relacionadas com o desenvolvimento tecnológico em diamantes e seus materiais relacionados.

Objetivo Específico 1: Criar mecanismos de detecção de falhas nos sistemas eletrônicos das fontes de potência PECVD (*Plasma Enhanced Chemical Vapor deposition*), MWPACVD (*Microwave Plasma Assisted Chemical Vapor Deposition*), medidores de pressão e, fluxímetros de gás, usados para o crescimento dos filmes de carbono. É, também, objetivo dar manutenção em fontes, especialmente as que foram desenvolvidas no próprio INPE, bem como, auxiliar na parte operacional destes reatores



Objetivo Específico 2: Elaborar procedimentos para limpeza mecânica dos fluxímetros de gases, bombas mecânicas, linhas de vácuo e periféricos, preparação de substratos nos diferentes materiais dentro de procedimentos desenvolvidos no laboratório. Também se tem como objetivo a usinagem de peças de diferentes materiais para adequação do crescimento dos filmes de carbono dopados e, ainda, auxiliar na operação dos referidos reatores.

4.6.3 - Insumos

4.6.3.1 – Custeio

Não existe previsão de custeio para este projeto.

4.6.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quant
4.6.1	Técnico de nível médio com diploma de Escola Técnica em Mecânica ou áreas afins, reconhecida pelo MEC e com experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação	Manutenção de componentes mecânicos; oficina mecânica; projetos científicos, tecnológicos ou de inovação	2	DE	4	1
4.6.2	Técnico de nível médio com diploma de Escola Técnica em Eletrônica ou áreas afins, reconhecida pelo MEC e com experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação	Eletrônica de potência, sensores e dispositivos eletrônicos; projetos científicos, tecnológicos ou de inovação	1	DE	4	1

4.6.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2023/2024
Analisar e corrigir eventuais erros dos componentes eletrônicos, manutenção e operação	1	Verificação do correto funcionamento de fontes de potência pulsadas e a eletrônica dos fluxímetros dos gases. Aprender os procedimentos para auxiliar na operação	x
Analisar e corrigir eventuais erros nos sistemas de vácuo e conexões nos reatores PECVD e MWPACVD, manutenção e operação	2	Verificação de estanqueidade e correto funcionamento de bombas de vácuo nos reatores PECVD e MWPACVD. Aprender os procedimentos para auxiliar na operação	x

4.6.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre	
	2023/2024	
	1	2
Levantamento de parâmetros elétricos de entrada e saída das fontes pulsadas, sensores, e controladores dos gases (fluxímetros).		x
Usinagem de diversas peças; medição de estanqueidade dos sistemas de vácuo incluído as linhas de gases e conexões; Verificação preventiva de bombas mecânicas. Manutenção destes equipamentos e operação		x
Elaboração de relatório técnico de atividades		x

4.6.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023/2024
Teste de sistemas elétricos, mecânicos e de vácuo	1, 2	Reatores com fontes de potência e sistemas de vácuo estáveis					x

4.6.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023/2024
Prova de sistema elétrico	1	Pulsos elétricos estáveis					x
Prova de sistemas de vácuo	2	Estanqueidade mantida					x

4.6.8 - 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			
	D	2.860,00			
	E	1.950,00	4	2	15.600,00
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					15.600,00

4.6.9 - Equipe do Projeto

Dr. Vladimir Jesus Trava-Airoldi
 Dr. Evaldo José Corat
 Dr. Elver Juan de Dios Mitma Pillaca
 Dr. José Vieira da Silva Neto
 Dr. Javier Gomez Sierra

4.6.10 - Referências Bibliográficas

- [1] Programa de Capacitação Institucional - PCI 2019 – 2023, PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS ESPACIAIS E SUAS APLICAÇÕES, INPE (2018).
 [2] G. Capote, L.F. Bonetti, L. V. Santos, V.J. Trava-Airoldi, E.J. Corat, Thin Solid Films. vol. 516 pp. 4011- 4017 (2008).
 [3] V.J. Trava-Airoldi, L.F. Bonetti, G. Capote, L. V. Santos, E.J. Corat, Surf. Coatings Technol. vol. 202 pp. 549-554 (2007).



[4] E.J.D.M. Pillaca, M.A. Ramírez, J.M. Gutierrez Bernal, D.C. Lugo, V.J. Trava-Airoldi, *Surface & Coatings Technology* 359 pp. 55–61 (2019).

[5] G.J. SIERRA, E.J. Corat, V.J. Trava-Airoldi, *DEPOSIÇÃO DE FILMES DE DIAMANTE POLICRISTALINO CVD USANDO MPACVD*, (2018) 1–6.
<http://urlib.net/8JMKD3MGPDW34R/3S2EMM5>.



Projeto 4: PROJETO DE DESENVOLVIMENTO E DE PESQUISA DOS LABORATÓRIOS ASSOCIADOS

Subprojeto 4.7: Desenvolvimento do processo de ensaio (referente a parte do sistema de Propelentes) de qualificação de propulsores de 1N para serem integrados no satélite Amazônia 1B, baseado na Plataforma Multimissão (PMM), a ser utilizado na Missão ACQUABRASILIS/ACQUAE

4.7.1 – Introdução

Conforme declara o Plano Diretor 2022-2026 do INPE, a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico na área de propulsão espacial fazem parte das Competências Essenciais deste Instituto. E uma das etapas do desenvolvimento de propulsores espaciais se dá na qualificação dos mesmos por meio de ensaios realizados no Banco de Testes com Simulação de Altitude (BTSA) da Coordenação de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (COPDT).

Durante estes ensaios, são utilizados como propelentes o Tetróxido de nitrogênio (oxidante) e a Hidrazina ou monometilhidrazina (combustíveis), além da Amônia como gás refrigerante nos Chillers. Tais substâncias são danosas ao organismo humano, conforme especificado em publicações específicas, como as Normas Regulamentadoras (NR) 15 – Atividades e Operações Insalubres e NR 16 – Atividades e Operações Perigosas, e a documentação ACGIH “TLVs[®] e BEIs[®] Limites de Exposição Ocupacional (TLVs[®]) para Substâncias Químicas e Agentes Físicos & Índices Biológicos de Exposição (BEIs[®])”. Ocorre ainda que os propelentes utilizados (combustíveis e oxidante mencionados) formam um par hipergólico, ou seja, se ambos estiverem presentes no mesmo ambiente em determinadas concentrações, ocorre a combustão espontânea (sem necessidade de uma chama ignitora ou qualquer outro tipo de ignição), e como os propelentes são materiais altamente energéticos, esta combustão em um espaço fechado seria na prática uma explosão, que poderia levar a acidentes e fatalidades, além do dano ao patrimônio público (prédio e equipamentos).

Apesar disso, a tecnologia de propulsão espacial química que utiliza estes propelentes é bastante utilizada na área espacial, dada sua relativa maior confiabilidade em relação a novas tecnologias de propulsão. Porém, dada a criticidade do propulsor no sucesso de uma missão espacial (como no controle da atitude de um satélite, por exemplo), faz-se necessário um processo de testes e qualificação destes propulsores, a ser realizado em Bancos de Testes. O INPE dispõe de um Banco de Testes com Simulação de Altitude (BTSA), capaz de simular as condições extremas de trabalho na qual estes propulsores terão que atingir seu desempenho esperado.

Neste projeto, pretende-se desenvolver e montar/revisar a infraestrutura necessária a realização da campanha de testes destes propulsores de 1N, permitindo que o ensaio de qualificação do propulsor tenha o rigor técnico necessário para assegurar o desempenho do mesmo, e ainda com o objetivo de proteger a saúde ocupacional dos operadores, garantir a segurança deles e a integridade do patrimônio público, dado o risco inerente ao se trabalhar com tais propelentes. Assim, o projeto almeja a revisão e melhoria da infraestrutura do sistema de Propelentes do BTSA, incluindo desde a linha de propelentes até a sistemática de operação da linha, manuseio de propelentes e planejamento e acompanhamento dos testes, permitindo que os testes sejam realizados de forma segura e apresente resultados confiáveis.

Este subprojeto consta no Projeto 4 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE. Está relacionado ao Termo de Abertura de Projeto – TAP SEI número 01340.000947/2023-27 intitulado “Ensaio de Qualificação de Propulsores de 1N para Missão ACQUABRASILIS/ACQUA”.

4.7.2 - Objetivo Geral

O Objetivo Geral deste projeto visa a obtenção de Bancos de Testes (BTSA e BTCA) com suas linhas de propelentes devidamente instaladas, verificadas e documentadas, capazes de testar propulsores espaciais com a necessária segurança e qualidade, sem vazamentos e que



permitam a comunicação com os sistemas de Aquisição e Controle (medidores de vazão etc.), 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: Revisão da linha de propelentes do BTSA, verificando a situação atual da linha (vazamentos, calibração dos medidores de vazão, etc.), e elaboração de Plano de Ação Técnico para melhorias necessárias para os testes.

Objetivo Específico 2: Elaboração de documentação referente às alterações propostas e realizadas no sistema de propelentes do BTSA.

Objetivo Específico 3: Apoio nas operações de manutenção e instalações/melhorias dos Bancos de Testes (BTSA e BTCA) e também durante a realização dos testes.

Objetivo Específico 4: Planejamento da linha e do sistema de propelentes do BTCA, com elaboração de documentação e operacionalização das linhas.

Objetivo Específico 5: Revisão e acompanhamento dos processos de trabalho referentes ao manuseio de propelentes no BTSA e BTCA, bem como apoio durante as operações de manuseio.

4.7.3 - Insumos

4.7.3.1 – Custeio

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\$)
-	-	-
-	-	-
-	-	-

4.7.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quant
4.7.1	Profissional formado em Engenharia Química 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	Engenharia e Tecnologias Espaciais; Engenharia Química ou Bacharel em Química; Com experiência na área de Propelentes Espaciais e Ensaios de Testes e Qualificação de Propulsores Espaciais	1	D-B	4	*1

* Em havendo **disponibilidade de recursos para o subprojeto**, poder-se-á chamar os candidatos subsequentes da lista de classificação.

4.7.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024

Atividade 1 – planejamento e levantamento do status da linha, e ações necessárias para reparos e melhorias	1	Checklist de inspeção da linha e listagem de ações necessárias	X	X
Atividade 2 – estudo e elaboração da documentação revisada referente a infraestrutura de Propelentes dos Bancos de Teste, bem como implementação das melhorias	1,2	Documentação técnica estruturada, incluindo diagramas/plantas conforme necessidade, e relatório técnico.	X	X
Atividade 3 – Apoio nos testes e demais atividades dos Bancos de Testes	3	Relatório das operações.	X	X
Atividade 4 – Planejamento e operacionalização do sistema de Propelentes do BTCA	4	Documentação técnica estruturada, incluindo diagramas/plantas conforme necessidade.	X	X
Atividade 5 – Revisão e apoio nos processos e atividades de manuseio de propelentes	5	Documentação revisada e relatórios de atividades.	X	X
Atividade 6 – Prover sistemas de propelentes do BTSA e BTCA revisados e operacionais	1, 2, 3, 4, 5	Documentação e relatório.	X	X

4.7.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre											
	2022		2023		2024		2025		2026		2027	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Atividade 1			X	X								
Atividade 2			X	X								
Atividade 3			X	X								
Atividade 4			X	X								
Atividade 5			X	X								
Atividade 6			X	X								

4.7.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Diagnóstico da linha de propelentes do BTSA	1,2	Checklist de inspeção da linha e listagem de ações necessárias	x	x
Linha de propelentes do BTSA operacional e com documentação revisada.	1,2	Documentação técnica estruturada, incluindo diagramas/plantas conforme necessidade, e relatório técnico.	x	x
Realização dos testes de propulsores de 1N	1, 2, 4 e 5	Relatório das operações.	x	x
Linha de propelentes do BTCA instalada e operacional	3, 4 e 5	Documentação técnica estruturada, incluindo diagramas/plantas conforme necessidade.	x	x

4.7.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Linhas de Propelentes do BTSA e BTCA revisadas e operacionais	1, 2, 3, 4, 5	Documentação técnica estruturada, incluindo diagramas/plantas conforme necessidade, e relatório técnico.	x	x
Propulsores de 1N qualificados com segurança e qualidade	1, 2, 3, 4, 5	Relatório das operações.	x	x

4.7.8 - 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	-	-	-
	B	4.160,00	4	*1	16.640,00
	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\$)					16.640,00

* Em havendo **disponibilidade de recursos para o subprojeto**, poder-se-á chamar os candidatos subsequentes da lista de classificação.

4.7.9 - Equipe do Projeto

Bolsista PCI-B;
 Douglas Miranda Rodrigues;
 Sayuri Okamoto;
 Isaías Oliveira.

4.7.10 - Referências Bibliográficas

[1] ACGIH. **Limites de exposição ocupacional (TLVs) para substâncias químicas e agentes físicos**. São Paulo: ABHO, 2014.

[2] CALEGÃO, I. C. C. et al. **Segurança e manuseio de hidrazina anidra**. Cachoeira Paulista: INPE, 1995.

[3] SUTTON, G. P.; BIBLARZ, O. **Rocket Propulsion Elements**. 7th ed. New York: John Wiley & Sons, 2001.

[4] TURNER, M. J. L. **Rocket and Spacecraft Propulsion**. 2nd ed. New York: Springer, 2006.

[5] LEY, W; WITTMAN, K; HALLMAN, W. **Handbook of Space Technology**. New York: John Wiley & Sons, 2009.

Projeto 4: PROJETO DE DESENVOLVIMENTO E DE PESQUISA DOS LABORATÓRIOS ASSOCIADOS

Subprojeto 4.8: Desenvolvimento de estudo técnico para implementação do Sistema de Gestão da Qualidade e Segurança do Trabalho dos Bancos de Testes de propulsores, de maneira a garantir a segurança e confiabilidade durante o processo de qualificação de propulsores de 1N para serem integrados no satélite Amazônia 1B, baseado na Plataforma Multimissão (PMM), a ser utilizado na Missão ACQUABRASILIS/ACQUAE

4.8.1 – Introdução

Conforme declara o Plano Diretor 2022-2026 do INPE, a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico na área de propulsão espacial fazem parte das Competências Essenciais deste Instituto. E uma das etapas do desenvolvimento de propulsores espaciais se dá na qualificação dos mesmos por meio de ensaios realizados no Banco de Testes com Simulação de Altitude (BTSA) da Coordenação de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (COPDT).

Durante estes ensaios, são utilizados como propelentes o Tetróxido de nitrogênio (oxidante) e a Hidrazina ou monometilhidrazina (combustíveis), além da Amônia como gás refrigerante nos Chillers. Tais substâncias são danosas ao organismo humano, conforme especificado em publicações específicas, como as Normas Regulamentadoras (NR) 15 – Atividades e Operações Insalubres e NR 16 – Atividades e Operações Perigosas, e a documentação ACGIH “TLVs[®] e BEIs[®] Limites de Exposição Ocupacional (TLVs[®]) para Substâncias Químicas e Agentes Físicos & Índices Biológicos de Exposição (BEIs[®])”. Ocorre ainda que os propelentes utilizados (combustíveis e oxidante mencionados) formam um par hipergólico, ou seja, se ambos estiverem presentes no mesmo ambiente em determinadas concentrações, ocorre a combustão espontânea (sem necessidade de uma chama ignitora ou qualquer outro tipo de ignição), e como os propelentes são materiais altamente energéticos, esta combustão em um espaço fechado seria na prática uma explosão, que poderia levar a acidentes e fatalidades, além do dano ao patrimônio público (prédio e equipamentos).

Apesar disso, a tecnologia de propulsão espacial química que utiliza estes propelentes é bastante utilizada na área espacial, dada sua relativa maior confiabilidade em relação a novas tecnologias de propulsão. Porém, dada a criticidade do propulsor no sucesso de uma missão espacial (como no controle da atitude de um satélite, por exemplo), faz-se necessário um processo de testes e qualificação destes propulsores, a ser realizado em Bancos de Testes. O INPE dispõe de um Banco de Testes com Simulação de Altitude (BTSA), capaz de simular as condições extremas de trabalho na qual estes propulsores terão que atingir seu desempenho esperado.

Além de toda a infraestrutura física necessária, também se faz necessário um sistema consolidado para gestão da Qualidade e Segurança do Trabalho dos Bancos de Teste, amparado em documentação técnica envolvendo estudos e análises técnicas dos riscos e potenciais falhas da instalação, de maneira a permitir antecipar e evitar qualquer acidente ou falha, bem como de maneira a assegurar a qualidade, confiabilidade e rastreabilidade dos dados obtidos durante os testes de qualificação dos propulsores.

Neste projeto, pretende-se desenvolver um estudo técnico estruturado de maneira a fornecer um diagnóstico do estágio atual das instalações no que se refere a Sistema de Gestão da Qualidade e Segurança do Trabalho, tendo como referência as normas ISO 45001, ISO 31000, ISO/IEC 31010 e ISO/IEC 17025, e traçar um *roadmap* que permita determinar as ações a serem tomadas rumo às certificações ISO 45001 e ISO/IEC 17025 e o acompanhamento das mesmas, de maneira a assegurar a realização da campanha de testes destes propulsores de 1N dentro de um cenário conhecido e documentado, permitindo que o ensaio de qualificação do propulsor tenha o rigor técnico necessário para assegurar o desempenho do mesmo, e ainda com o objetivo de proteger a saúde ocupacional dos operadores, garantir a segurança deles e a integridade do patrimônio público, dado o risco inerente ao se trabalhar com tais propelentes. Assim, o projeto almeja a revisão e melhoria do Sistema de Gestão da Qualidade e Segurança do Trabalho do BTSA e BTCA, incluindo toda a sistemática de operação dos



testes, permitindo que os testes sejam realizados de forma segura e apresente resultados confiáveis.

Este subprojeto consta no Projeto 4 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE. Está relacionado ao Termo de Abertura de Projeto – TAP SEI número 01340.000947/2023-27 intitulado “Ensaio de Qualificação de Propulsores de 1N para Missão ACQUABRASILIS/ACQUA”.

4.8.2 - Objetivo Geral

O Objetivo Geral deste projeto visa a obtenção de Bancos de Testes (BTSA e BTCA) com Sistema de Gestão da Qualidade e Segurança do Trabalho revisado e documentado, refletindo a realidade atual da instalação tanto nos aspectos físicos quanto gerenciais, apresentando informações verificadas e documentadas, capazes de atestar a segurança e qualidade durante os testes de propulsores espaciais, considerando todos os subsistemas das instalações (Propelentes, Aquisição e Controle, e Vácuo), 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 da situação atual dos Bancos de Testes considerando os requisitos das normas ISO 45001, ISO 31000, ISO/IEC 31010 e ISO/IEC 17025.

Objetivo Específico 2: Elaboração de documentação referente às alterações propostas e realizadas no Sistema de Gestão da Qualidade e Segurança do Trabalho do BTSA e BTCA.

Objetivo Específico 3: Apoio nas operações de manutenção e instalações/melhorias dos Bancos de Testes (BTSA e BTCA) e também durante a realização dos testes.

Objetivo Específico 4: Planejamento da implementação das alterações propostas, com elaboração de documentação (incluindo *roadmap*, *milestones* e ferramentas de diagnóstico, tais como checklists e formulários de auditoria interna).

Objetivo Específico 5: Revisão e acompanhamento dos processos de trabalho referentes às operações no BTSA e BTCA, bem como apoio durante as operações, de maneira a refletir as melhorias propostas ao sistema.

4.8.3 - Insumos

4.8.3.1 – Custeio

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\$)
-	-	-
-	-	-
-	-	-

4.8.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/ nível	Meses	Quant
--------	--------------------------------	---------------------	---------------------	----------------------	-------	-------

4.8.1	Profissional formado em Engenharia Química, Engenharia Mecânica, Engenharia de Produção, Engenharia Elétrica 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	Desejável experiência na área de Engenharia da Qualidade e Sistema de Gestão da Qualidade e/ou Engenharia de Segurança e Sistema de Gestão da Segurança do Trabalho	1	D-B	4	*1
-------	--	---	---	-----	---	----

* Em havendo **disponibilidade de recursos para o subprojeto**, poder-se-á chamar os candidatos subsequentes da lista de classificação.

4.8.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Atividade 1 – Levantamento da situação atual dos Bancos de Testes considerando os requisitos das normas ISO 45001, ISO 31000, ISO/IEC 31010 e ISO/IEC 17025.	1	Relatório técnico.	X	X
Atividade 2 – Elaboração de documentação referente às alterações propostas e realizadas no Sistema de Gestão da Qualidade e Segurança do Trabalho do BTSA e BTCA.	1,2	Documentação técnica estruturada, incluindo diagramas/plantas conforme necessidade, e relatório técnico.	X	X
Atividade 3 – Apoio nos testes e demais atividades dos Bancos de Testes	3	Relatório das operações.	X	X
Atividade 4 – Planejamento da implementação das alterações propostas	4	Documentação técnica estruturada, incluindo <i>roadmap</i> , <i>milestones</i> e ferramentas de diagnóstico, tais como checklists e formulários de auditoria interna.	X	X
Atividade 5 – Revisão e acompanhamento dos processos de trabalho referentes às operações no BTSA e BTCA, de maneira a refletir as melhorias propostas ao sistema.	5	Documentação atualizada e revisada, e relatórios de atividades.	X	X

4.8.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre											
	2022		2023		2024		2025		2026		2027	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Atividade 1			X	X								
Atividade 2			X	X								
Atividade 3			X	X								

Atividade 4				X	X							
Atividade 5				X	X							
Atividade 6				X	X							

4.8.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Diagnóstico do Sistema de Gestão da Qualidade e Segurança do Trabalho atual dos Bancos de Testes da COPDT	1, 2 e 3	Documentação técnica estruturada, incluindo diagramas/plantas conforme necessidade, e relatório técnico.	x	x
Planejamento da implementação das melhorias rumo às certificações ISO 45001 e ISO/IEC 17025	4	Documentação técnica estruturada, incluindo <i>roadmap</i> , <i>milestones</i> e ferramentas de diagnóstico, tais como checklists e formulários de auditoria interna.	x	x
Processos de trabalhos revisados para atender os requisitos das normas rumo às certificações ISO 45001 e ISO/IEC 17025	5	Documentação atualizada e revisada, e relatórios de atividades.		
Realização dos testes de propulsores de 1N em Banco de Testes atendendo padrões internacionais de Qualidade e Segurança (facilita parcerias internacionais em propulsão)	1, 2, 3, 4 e 5	Relatório das operações.	x	x

4.8.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
BTSA e BTCA com Sistema de Gestão da Qualidade e Segurança diagnosticado, revisado, e ações planejadas para futura certificação	1, 2, 3, 4, 5	Documentação técnica estruturada, incluindo diagramas/plantas conforme necessidade, e relatório técnico. <i>Roadmap</i> , <i>milestones</i> e ferramentas de diagnóstico, tais como checklists e formulários de auditoria interna.	x	x
Propulsores de 1N qualificados atendendo padrões internacionais de Qualidade e Segurança	1, 2, 3, 4, 5	Relatório das operações.	x	x

4.8.8 - 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	-	-	-
	B	4.160,00	4	*1	16.640,00
	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\$)					16.640,00

* Em havendo **disponibilidade de recursos para o subprojeto**, poder-se-á chamar os candidatos subsequentes da lista de classificação.

4.8.9 - Equipe do Projeto

Bolsista PCI-B;
Douglas Miranda Rodrigues;
Sayuri Okamoto;
Isaías Oliveira;
Evandro Daniel Calderaro Cotrim;
Ricardo Emílio da Silva.

4.8.10 - Referências Bibliográficas

- [1] ACGIH. **Limites de exposição ocupacional (TLVs) para substâncias químicas e agentes físicos**. São Paulo: ABHO, 2014.
- [2] CALEGÃO, I. C. C. et al. **Segurança e manuseio de hidrazina anidra**. Cachoeira Paulista: INPE, 1995.
- [3] SUTTON, G. P.; BIBLARZ, O. **Rocket Propulsion Elements**. 7th ed. New York: John Wiley & Sons, 2001.
- [4] TURNER, M. J. L. **Rocket and Spacecraft Propulsion**. 2nd ed. New York: Springer, 2006.
- [5] LEY, W; WITTMAN, K; HALLMAN, W. **Handbook of Space Technology**. New York: John Wiley & Sons, 2009.
- [6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 31000: Gestão de riscos – Princípios e diretrizes**. Rio de Janeiro, 2009. 24 p.
- [7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/IEC 31010: Gestão de riscos – Técnicas para o processo de avaliação de riscos**. Rio de Janeiro, 2012. 96 p.

[8] FALCONI, V. **TQC – Controle da Qualidade Total no estilo japonês**. 8ª ed. Belo Horizonte: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.

[9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 45001: Sistema de Gestão da Saúde e Segurança Ocupacional**. Rio de Janeiro, 2009. 24 p.

[10] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/IEC 17025: Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração**. Rio de Janeiro, 2012. 96 p.



Projeto 5: PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM CIÊNCIAS ESPACIAIS E ATMOSFÉRICAS

Subprojeto 5.1: Estudo da variabilidade do campo magnético utilizando observações magnéticas de diferentes redes de magnetômetros sobre a América do Sul

5.1.1 – Introdução

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em seu Objetivo Estratégico 12, do Plano Diretor 2022-2026, prevê o desenvolvimento da pesquisa básica e aplicada em Ciências Espaciais, e o desenvolvimento de instrumentação científica competitiva.

O interesse no estudo e monitoramento do campo geomagnético cresceu ao longo dos últimos séculos. Nesse contexto, o presente subprojeto visa determinar a variação diurna na medida da variação no campo geomagnético fornecida por redes de magnetômetros, com o intuito de investigar o comportamento dos sistemas de correntes elétricas na ionosfera com foco na América do Sul. Os magnetômetros vetoriais passam por um processo de calibração da sensibilidade das medidas coletadas pelos sensores. Portanto, será possível estimar as diferenças do comportamento das componentes do campo magnético da Terra em diferentes setores latitudinais e longitudinais. Ainda, pretende-se verificar a influência da Anomalia Magnética da América do Sul (SAMA, do inglês *South America Magnetic Anomaly*) e os processos físicos na variabilidade geomagnética diurna para essas regiões.

Este subprojeto consta no Projeto 5 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) número 400077/2022-1, disponível na página do INPE. Está relacionado ao Termo de Abertura de Projeto – Levantamento do mapa de condutividade do Brasil (SEI 01340.003261/2021-26).

5.1.2 - Objetivo Geral

O objetivo geral do projeto é o estudo realizar uma análise para as regiões da América do Sul usando diferentes redes de magnetômetros a fim de qualificar e quantificar a variação do campo geomagnético, utilizando dados observacionais de magnetômetros para inferir a variabilidade das correntes elétricas da região E ionosférica.

Objetivo Específico 1: Procedimento de Calibração das redes de magnetômetros do programa Embrace (Estudo e Monitoramento Brasileiro de Clima Espacial) com os magnetômetros da classe dos Lemis.

Objetivo Específico 2: Analisar os dados magnéticos em diferentes em regiões da América do Sul e dos processos físicos envolvidos.

Objetivo Específico 3: Investigar a variação espacial e temporal das correntes elétricas na América do Sul, por meio de cálculos da curva do dia calmo (QDC- do inglês *Quiet Day Curve*).

Objetivo Específico 4: Investigar a influência de eventos de clima espacial nas correntes ionosféricas usando a rede de magnetômetros.

Objetivo Específico 5: Inferir as componentes das marés atmosféricas nas componentes magnéticas do campo da Terra utilizando modelos empíricos baseados em dados de magnetômetros.

5.1.3 - Insumos

5.1.3.1 – Custeio

Não se aplica.

5.1.3.2 – Bolsas

O projeto necessita de um profissional com mestrado ou doutorado na área de Geofísica Espacial com experiência na manipulação de dados magnéticos da Terra com dados de magnetômetros, com experiência em calibração dos equipamentos.

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria /nível	Meses	Quant
5.1.1	Profissional formado em Física, Engenharia Elétrica ou áreas afins, com 7 (três) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior; ou com título de doutor na área de Geofísica Espacial; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 4 (quatro) anos.	Experiência em calibração e análise de dados de magnetômetros. Experiência com o cálculo da QDC, obtenção das correntes elétricas utilizando dados observacionais e modelagem.	1 a 5	DB	4	1

5.1.4 - Atividades de Execução

Para cumprir com os objetivos do projeto, são propostas as seguintes atividades:

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
1) Calibração das redes de magnetômetros	1	Procedimento de Calibração das redes de magnetômetros do programa Embrace com os magnetômetros da classe dos Lemis	X	
2) Investigação dos processos físicos do campo magnético em diferentes regiões brasileiras	2,3,4	Caracterização do comportamento das componentes geomagnéticas em diferentes setores		X
3) Inferir as componentes das marés atmosféricas e correntes elétricas através das componentes magnéticas do campo da Terra	5	Analisar as componentes das marés atmosféricas e correntes elétricas nas componentes magnéticas do campo da Terra utilizando modelos empíricos.		

5.1.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre			
	2023		2024	
	1	2	1	2
Atividade 1		X		
Atividade 2		X		
Atividade 3			X	

5.1.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Produto 1	1	Relatório semestral com as principais características do desenvolvimento de calibração da rede de magnetômetros	X	
Produto 2	2,3,4,5	Artigo científico contendo os principais resultados do projeto submetido		X

5.1.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Resultado 1	1	Relatório da caracterização do desenvolvimento de calibração da rede de magnetômetros	X	
Resultado 2	2, 3,4,5	Artigo científico submetido para publicação		X

5.1.8 - Recursos Solicitados

Custeio:

Não se aplica

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00	4	1	16.640,00
	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\$)					16.640,00

5.1.9 - Equipe do Projeto:

Joaquim Eduardo Resende Costa, Marcelo Banik de Pádua, Clezio Marcos De Nardin, Laysa Cristina Araujo Resende Chagas.

5.1.10 - Referências Bibliográficas

CHAPMAN, S. The absorption and dissociative or ionizing effect of monochromatic radiation in an atmosphere on a rotating earth. Proceedings of the Physical Society, IOP Publishing, v. 43, p. 26, 1931.

CHAPMAN, S.; BARTELS, J. Geomagnetism: geomagnetic and related phenomena. London: Oxford University Press, 1940. 542 p. (The International Series of Monograph on Physics, v. 1).



- CHEN, S. S. Desenvolvimento de um modelo empírico para a obtenção da curva do dia calmo geomagneticamente (QDC). 140 p. (sid.inpe.br/mtc-m21c/2019/03.13.16.08-TDI). Dissertação (Mestrado em Geofísica Espacial/Ciências do Ambiente Solar-Terrestre) — Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2019. Disponível em: <<<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34R/3STB2S5>>>. Acesso em: 31 mar. 2020.
- CHEN, S. S.; DENARDINI, C. M.; RESENDE, L. C. A.; CHAGAS, R. A. J.; MORO, J.; PICANÇO, G. A. S. Development of an Empirical Model for Estimating the Quiet Day Curve (QDC) over the Brazilian Sector. *Radio Science*, v. 55, n. e2020RS007105, 2020. Disponível em: <<<https://doi.org/10.1029/2020RS007105>>>
- DENARDINI, C. M.; CHEN, S. S.; RESENDE, L. C. A.; MORO, J.; BILIBIO, A. V.; FAGUNDES, P. R.; GENDE, M. A.; CABRERA, M. A.; BOLZAN, M. J. A.; PADILHA, A. L.; SCHUCH, N. J.; HORMAECHEA, J. L.; ALVES, L. R.; NETO, P. F. B.; NOGUEIRA, P. A. B.; PICANÇO, G. A. S.; BERTOLLOTTO, T. O. The Embrace magnetometer network for South America: first scientific results. *Radio Science*, v. 53, n. 3, p. 379–393, 2018. Disponível em: <<<https://doi.org/10.1002/2018RS006540>>>
- FINLAY, C. C.; KLOSS, C.; OLSEN, N.; HAMMER, M. D.; TØFFNER-CLAUSEN, L.; GRAYVER, A. a. The CHAOS-7 geomagnetic field model and observed changes in the South Atlantic Anomaly. *Earth, Planets and Space*, v. 72, n. 156, 2020. Disponível em: <<<https://doi.org/10.1186/s40623-020-01252-9>>>
- GJERLOEV, J. W. The supermag data processing technique. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, v. 117, p. 9213, 2012. ISSN 2156-2202. Disponível em: <<<https://doi.org/10.1029/2012JA017683>>>
- RASTOGI, R. G. Longitudinal variation in the equatorial electrojet. *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics*, v. 24, n. 12, p. 1031–1040, 1962. Disponível em: <<[https://doi.org/10.1016/0021-9169\(62\)90158-7](https://doi.org/10.1016/0021-9169(62)90158-7)>>. 17
- RASTOGI, R. G.; IYER, K. N. Quiet Day Variation of Geomagnetic H-Field at Low Latitudes. *Journal of Geomagnetism and Geoelectricity*, v. 28, n. 6, p. 461–479, 1976. Disponível em: <<<https://doi.org/10.5636/jgg.28.461>>>



Projeto 5: PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM CIÊNCIAS ESPACIAIS E ATMOSFÉRICAS

Subprojeto 5.2: Estudos das modulações de longo período em raios X do candidato a buraco negro 1E 1740.7–2942 e do comportamento em múltiplos comprimentos de onda de duas *supersoft X-ray sources*: CAL 83 e CAL 87

5.2.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 5 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE e está inserido no TAP Localizador de Explosões Cósmicas de raios X (LECX/nanomirax) (SEI: 01340.003565/2021-93).

O objeto candidato a buraco negro 1E 1740.7–2942 é conhecido por ser uma das fontes mais brilhantes e persistentes em raios X duros (energias acima de cerca de 10 keV) da região do Centro Galáctico [1]. Estudos anteriores do grupo, com dados concomitantes dos telescópios BAT a bordo da missão Swift e do IBIS a bordo da missão INTEGRAL revelaram que 1E 1740.7–2942 exibe uma pertinente modulação periódica, na faixa de raios X duros, em torno de ~170 dias [2]. Estudos anteriores a esse, com dados das missões RXTE e COMPTON, haviam apontado uma modulação de cerca de 600 dias [3]. Apesar de valores bastante distintos, em ambos os estudos as modulações foram atribuídas a uma precessão do disco de acrecimento do sistema. Ademais, com uma simples inspeção nas curvas de luz de longo prazo do objeto é possível notar outras estruturas significativas que se repetem em escala de centenas a milhares de dias. A motivação desta parte do projeto -- para investigar essas ocorrências -- relaciona-se com o fato de que a origem dessas longas modulações presentes em dados de 1E 1740.7–2942 não foi, até o momento, objeto de estudo na literatura e permanecem desconhecidas.

As chamadas fontes *supersofts* (*supersoft X-ray sources*) são sistemas binários em que um dos objetos é uma anã branca que mantém um regime de queima de hidrogênio em sua superfície devido à alta taxa com que acreta material de sua companheira [4]. CAL 83 e CAL 87, as primeiras fontes a serem detectadas [5] e consideradas protótipos da classe, foram extensivamente observadas desde os anos subsequentes à descoberta. Ainda assim, diversos aspectos observacionais e evolutivos dos dois sistemas permanecem pouco compreendidos, fato que se deve, em parte, à carência de análises focadas em dados em múltiplos comprimentos de onda. Para CAL 83, por exemplo, já foi constatado um comportamento anticorrelacionado na emissão em raios X em relação a comprimentos de onda mais longos, como no óptico e em infravermelho [6]. A baixa cadência dessas observações, no entanto, especialmente as de raios X, e a não tão simultaneidade dos dados (de raios X e em outras energias), têm sido um empecilho para precisar a origem dessa anticorrelação. No caso de CAL 87, duas questões relevantes sobre o comportamento da fonte podem ser abordadas a partir da coleção e análise de dados em múltiplos comprimentos de onda. A primeira é que a construção de uma extensa distribuição espectral de energia possibilitaria modelar a contribuição de cada componente do sistema para a emissão observada, um tipo de análise feita até hoje somente com dados muito antigos [7]. A outra diz respeito ao eclipse bem pronunciado que a fonte exibe em sua curva de luz, observado em diversos comprimentos de onda, mas até então não explorado de forma conjunta [8]. Esta parte do projeto é motivada principalmente por essas questões, e instigada também pelo fato de que análises na literatura costumam desconsiderar dados em comprimentos de onda mais longos que podem ou são gerados pelos demais instrumentos a bordo de missões de raios X.

5.2.2 - Objetivo Geral

O objetivo comum entre as duas análises propostas neste projeto é esclarecer a origem do comportamento no tempo, descrito na introdução, de objetos relevantes em suas respectivas classes de emissores de raios X (1E 1740.7–2942, um candidato a buraco negro; CAL 83 e CAL 87, fontes *supersofts*). Para 1E 1740.7–2942, pretende-se estudar, através de ferramentas de análise temporal, as excursões aparentemente periódicas observadas em escalas de tempo que variam de meses a anos com o objetivo de determinar se estas estão de fato relacionadas à precessão do disco de acrecimento ou se outros fenômenos de obscurecimento ocorrem no sistema. Para CAL 83 e CAL 87, propõe-se reunir e analisar dados simultâneos em múltiplos comprimentos de onda para, após examiná-los, explorar os possíveis cenários (e.g. expansão



e contração da fotosfera da anã branca, instabilidade no disco de acréscimo, absorção) responsáveis pelo comportamento na emissão observada dos dois objetos, que, reitera-se, são considerados protótipos da classe das supersofts.

Para atingir o Objetivo Geral deste projeto, serão realizados os seguintes objetivos específicos:

OE1); obtenção e redução de dados publicamente disponíveis de missões de raios X. 1E 1740.7–2942: dados do instrumento imageador de raios X duros IBIS, a bordo da missão INTEGRAL e dados do telescópio BAT, a bordo da missão Swift. CAL 83/CAL 87: observações do objeto feitas por telescópios de raios X moles a bordo, por exemplo, das missões XMM-Newton, Chandra e Swift.

OE2); 1E 1740.7–2942: análise espectral sistemática dos espectros do INTEGRAL para a obtenção do fluxo emitido pela fonte em cada observação. CAL 83/CAL 87: análise espectral dos dados de raios X obtidos e busca por observações do objeto em outros comprimentos de onda, realizadas ou não em datas próximas àquelas dos dados de raios X. Serão também explorados os dados fornecidos pelos demais instrumentos a bordo das missões supramencionadas (por exemplo dados em ultravioleta do UVOT, a bordo do SWIFT, e em óptico e ultravioleta do OM, a bordo do XMM-Newton); estes dados, como mencionado na introdução, são estritamente simultâneos aos dados de raios X e pouco explorados na literatura.

OE3); Construção das curvas de luz. No caso de 1E 1740.7–2942, curva de luz de longo prazo com os fluxos obtidos após análise espectral de dados do INTEGRAL, e com os valores de fluxo fornecidos (quase que diariamente) pelo instrumento BAT/Swift. Para CAL 83 e CAL 87, curvas com dados em raios X e medidas de fluxo (em ultravioleta, óptico, infravermelho) históricas do objeto, além dos fluxos simultâneos fornecidos pelos instrumentos a bordo das missões.

OE4); Análises, visando a assimilar o objetivo geral descrito.

5.2.3 - Insumos

5.2.3.1 – Custeio

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

5.2.3.2 – Bolsas

O projeto necessita de um profissional com Doutorado em Astrofísica e com experiência em redução e análise de dados de raios X de missões espaciais, tanto de binárias com buracos negros quanto com anãs brancas.

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/ nível	Meses	Quant
5.2.1	Profissional com 10 (dez) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior em Ciências Exatas ou áreas afins; ou com título de Doutor em Astrofísica ou áreas afins há, no mínimo, 2 (dois) anos; ou ainda, com grau de Mestre em Ciências Exatas, ou áreas afins, há, no mínimo, 6 (seis) anos	Redução e análise espectral de dados astronômicos em raios X	1 a 4	DA	4	1

5.2.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas		
			2022	2023	2024
1. Estudar fontes cósmicas de raios X e gama através do uso de dados públicos de missões internacionais	1 a 4	Levantamento dos dados disponíveis e redução dos dados para a fonte 1E 1740.7-2942		X	
2. Estudar fontes cósmicas de raios X e gama através do uso de dados públicos de missões internacionais	1 a 4	Levantamento dos dados disponíveis e redução dos dados para a fonte Cal 83		X	
3. Estudar fontes cósmicas de raios X e gama através do uso de dados públicos de missões internacionais	1 a 4	Apresentação de trabalho (ou trabalhos) em revistas/congressos especializados, para a fonte 1E 1740.7-2942		X	X
4. Estudar fontes cósmicas de raios X e gama através do uso de dados públicos de missões internacionais	1 a 4	Apresentação de trabalho (ou trabalhos) em revistas/congressos especializados, para a fonte 1E 1740.7-2942		X	X

5.2.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre					
	2022		2023		2024	
	1	2	1	2	1	2
Busca por dados, download e redução dos dados para a fonte 1E 1740.7-2942			X	X		
Busca por dados, download e redução dos dados para a fonte Cal 83			X	X		
Apresentação dos resultados em congressos nacionais e/ou internacionais de relevância da área. Ou ainda publicação em revista científica indexada, para a fonte 1E 1740.7-2942				X	X	
Apresentação dos resultados em congressos nacionais e/ou internacionais de relevância da área. Ou ainda publicação em revista científica indexada, para a fonte Cal 83				X	X	

5.2.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas		
			2022	2023	2024
Divulgação científica em congressos ou similares	1 a 4	Trabalhos em revistas/congressos especializados		X	X

5.2.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas		
			2022	2023	2024



Aumento do número de publicações científica para o cumprimento da Meta anual estabelecida para a CGCEA (Meta do Plano de Trabalho INPE-AEB-AO 20VB-PO 0009-2018).	1 a 4	Trabalhos em revistas/congressos especializados		X	X
---	-------	---	--	---	---

5.2.8 - 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	4	1	20.800,00
	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\$)					20.800,00

5.2.9 - Equipe do Projeto

Dr. Flavio D'Amico

5.2.10 - Referências Bibliográficas

[1] SKINNER, G. K.; WILLMORE, A. P.; EYLES, C. J.; BERTRAM, D.; CHURCH, M. J. Hard X-ray images of the Galactic centre. *Nature*, v. 330, p. 544–547, 1987.

[2] STECCHINI, P.E.; CASTRO, M.; JABLONSKI, J.; D'AMICO, F.; BRAGA, J. Tandem Swift and INTEGRAL Data to Revisit the Orbital and Superorbital Periods of 1E 1740.7-2942. *The Astrophysical Journal Letters*, v. 843, L10, 2017.

[3] SMITH, D.M.; HEINDL, W.A.; SWANK, J.H. Orbital and Superorbital Periods of 1E 1740.7-2942 and GRS 1758-258. *The Astrophysical Journal*, v. 578, p. 129–132, 2002.

[4] VAN DEN HEUVEL, E.P.J.; BHATTACHARYA, D.; NOMOTO, K.; RAPPAPORT, S.A. Accreting white dwarf models for CAL 83, CAL 87 and other ultrasoft X-ray sources in the LMC. *Astronomy and Astrophysics*, v. 262, p. 97–105, 1992.

[5] LONG, K.S.; HELFAND, D.J.; GRABELSKY, D.A. A soft X-ray study of the Large Magellanic Cloud. *The Astrophysical Journal*, v. 248, p. 925–944, 1981.

[6] GREINER, J.; DI STEFANO, R.; X-ray off states and optical variability in CAL 83. *Astronomy and Astrophysics*, v. 387, p. 944–954, 2002.

[7] POPHAM, R.; DI STEFANO, R. *Accretion Disks in Supersoft X-Ray Sources*. *Lecture Notes in Physics*, v. 472, p. 65, edited by Jochen Greiner. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 1996.

[8] SCHANDL, S.; MEYER-HOFMEISTER, E; MEYER, F. Visual light from the eclipsing supersoft X-ray source CAL 87. *Astronomy and Astrophysics*, v. 318, p. 73–80, 1997.

Projeto 5: Pesquisa e Desenvolvimento em Ciências Espaciais e Atmosféricas

Subprojeto 5.3: Estudo do impacto de meteoros e do vento solar na superfície lunar e à ablação de meteoros na alta atmosfera terrestre no setor Brasileiro

5.3.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 5 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE e está inserido no TAP Pesquisa e desenvolvimento instrumental em Ciências Espaciais na região Amazônica (SEI número. 01340.003097/2021-57).

O projeto visa o estudo do impacto de meteoros e do vento solar na superfície lunar e também a ablação de meteoros na alta atmosfera terrestre no setor brasileiro utilizando técnicas óticas e de rádio em solo, tais como, imageadores all-sky, interferômetro do tipo Fabry-Perot, radar de laser, radar meteórico e dados de satélites.

5.3.2 - Objetivo Geral

O Objetivo Geral deste projeto é aumentar a capacitação institucional em desenvolvimento de software, desenvolvimento de instrumentação científica, de recursos humanos, de forma a potencializar a realização de pesquisas em Aeronomia, Geofísica Espacial, Astrofísica e Clima Espacial na instituição e, com isso, gerar e divulgar conhecimento científico nessas respectivas áreas para a sociedade.

Objetivo específico

Os objetivos específicos são: estudar a injeção de constituintes na atmosfera lunar devido ao impacto de meteoros e do vento solar no regolito lunar e também estudar os constituintes minoritário nas camadas de sódio e potássio na alta atmosfera terrestre devido à ablação de meteoros. Na alta atmosfera terrestre, a explosão de meteoros do tipo bólido é capaz de gerar ondas atmosféricas que atuam com “seeding” ao atingirem a base da ionosfera terrestre (Pimenta et al., 2022). Tais ondas podem desencadear instabilidades de plasma e consequentemente gerar bolhas de plasma que influenciam fortemente as atividades e os sistemas de aplicações espaciais, causando interferências significativas e até mesmo interrupções nos sistemas trans-ionosféricos de telecomunicações (Pimenta et al., 2001). No setor brasileiro, tais efeitos são particularmente mais intensos devido à declinação geomagnética elevada, a anomalia equatorial e à presença da Anomalia Magnética do Atlântico Sul.

5.3.3 - Insumos

5.3.3.1 – Custeio

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

5.3.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quant
--------	--------------------------------	---------------------	---------------------	---------------------	-------	-------

5.3.1	Profissional formado em Física, Matemática, 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.	Análise de dados/imagens	Efetuar pesquisas, tratamento de dados/imagens e executar simulações de fenômenos espaciais	DB	4	1
-------	--	--------------------------	---	----	---	---

5.3.4 - Atividades de Execução:

Analisar dados e executar simulações de eventos espaciais no setor brasileiro

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	2023/out/ nov/dez	2024/Jan
1. Pesquisa e Análise de dados/imagens	Efetuar pesquisa, reduzir dados de densidade, temperatura, ventos e executar simulações em fenômenos espaciais	Análise realizada	x	x
2. Atualizar software de tratamento de dados/imagens	Atualizar software do novo imageador e do interferômetro Fabry-Perot	Software atualizado	x	x
3. Atualizar banco de dados	Criar novo banco de dados	Banco de dados atualizado	x	x

5.3.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	2023/out/nov/dez	2024/jan
1. Pesquisa e Análise de dados/imagens	8	Análise realizada	x	x
2. Atualizar software de tratamento de imagens	8	Software atualizado	x	x
3. Atualizar banco de dados	8	Banco de dados atualizado	x	x

5.3.6 – Produtos

O projeto ao longo da sua execução entregará produtos tais como software voltados para tratamento de imagens e sinais obtidas pelos equipamentos científicos instalados no setor brasileiro (imageadores e interferômetro), análise de dados que serão utilizados em artigos científicos, dissertações e teses desenvolvidas na pós-graduação em Geofísica Espacial do Inpe.

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	2023/out, nov,dez	2024/jan



Artigos científicos	Difusão de conhecimento	Submissão de publicações em periódicos indexados	x	x
Desenvolvimento e construção de novos imageadores all-sky	Equipamentos a serem usados na aquisição de dados	Percentual de desenvolvimento	x	x

5.3.7 – Resultados Esperados

Os resultados dos estudos relacionados com as pesquisas na atmosfera lunar e na alta atmosfera terrestre poderão nortear as tomadas de decisões governamentais relacionadas com a área espacial

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	2023/out, nov, dez	2024/jan
			5%	5%
Aumento do número de publicações científica para o cumprimento da Meta anual estabelecida para a CGCEA (Meta do Plano de Trabalho INPE-AEB-AO 20VB-PO 0009-2018).	8	Submissão de publicações em periódicos indexados		

5.3.8 - 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			
	B	4.160,00	4	1	16.640,00
	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\$)					16.640,00

5.3.9 - Equipe do Projeto

Alexandre Alvares Pimenta – Gerente do projeto – Inpe
Paulo Padro Batista – Pesquisador Inpe
Maria Paulete Pereira Martins – Pesquisadora – Inpe
Vânia Fátima Andrioli - Pesquisadora colaboradora
Siomel Savio – Pesquisador colaborador

Cássio Antunes Espindola – Pesquisador Colaborador
Oluwasegun Micheal Adebayo – Aluno de doutorado

5.3.10 - Referências Bibliográficas

PIMENTA A.A., Fagundes, P.R., Bittencourt, J.A., Sahai, Y., Gobbi, D., Medeiros, A.F., Taylor, M.J., and Takahashi, H. (2001), Ionospheric Plasma Bubble Zonal Drift: a Methodology Using OI 630 nm All-SKY Imaging Systems. ADVANCES IN SPACE RESEARCH, 27, 1219-1224. [doi.org/10.1016/S0273-1177\(01\)00201-0](https://doi.org/10.1016/S0273-1177(01)00201-0).

PIMENTA, A.A.; BATISTA, P.P.; ANDRIOLI, V.F.; FAGUNDES, P.R.; BATISTA, I.S. Possible relationship of meteor disintegration in the mesosphere and enhancement of sodium atoms: A case study on July 05, 2013. ADVANCES IN SPACE RESEARCH, v. 69, p. 1344-1350, 2022.



Projeto 5: PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM CIÊNCIAS ESPACIAIS E ATMOSFÉRICAS

Subprojeto 5.4: Desenvolvimento, implementação, testes e integração de subsistemas de radiointerferômetro e radiotelescópios da DIAST/CGCE-INPE

5.4.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 5 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023 (OE 18 e OE 19), número 400077/2022-1, disponível na página do INPE. Além disso, contribui para o objetivo estratégico OE-12, M-12.7 do Plano Diretor 2022-2026.

A DIAST / CGCE- INPE é uma unidade do instituto que se caracteriza por pesquisas científicas e desenvolvimento instrumental nas bandas espectrais óptica, infravermelho, raios-X e rádio, bem como em ondas gravitacionais. Sendo assim, além de pesquisadores, há necessidade de profissionais da engenharia, tecnologistas e técnicos para permitir a execução desse desenvolvimento. Porém, é de amplo conhecimento a escassez desses profissionais no quadro institucional, seja pela falta de concurso público, pela perda gradativa por aposentadorias ou outro motivo. Atualmente, na banda de rádio, a DIAST possui pelo menos 6 projetos desenvolvidos ou em desenvolvimento, entre eles o interferômetro de rádio designado por BDA.

O projeto, de desenvolvimento instrumental, designado por Brazilian Decimetric Array (BDA) contempla o desenvolvimento, construção, testes, integração e entrada em operação de um interferômetro rádio, composto de 26 antenas parabólicas, em malha, de 4 m de diâmetro cada uma, distribuídas num arranjo de configuração “T” com linhas de base, mínima de 9m, e máximas de 252 m na direção Leste-Oeste e 162 m na direção Sul. Encontra-se instalado dentro da área do INPE em Cachoeira Paulista (SP). Entre as principais características do BDA estão as seguintes:

- a) faixa de frequências: 1200-1700 MHz;
- b) resolução temporal: $\geq 0,1$ s;
- c) resolução espacial: $\sim 3'$ de arco (1700 MHz, 252 m);
- d) largura de banda: 10 MHz;
- e) sensibilidade estimada: $\sim 0,1$ Jy/feixe – 20 min. de observação

O instrumento está sendo desenvolvido para investigações de fenômenos solares, bem como estudos de objetos galáticos e extra-galáticos. Além disso, também poderá ser usado para investigações da distribuição anômala de poeira no hemisfério Sul celeste, complementações de levantamentos do céu do hemisfério Sul realizados por outros instrumentos, estudos de variabilidade de fontes rádio galáticas e extra-galáticas e ainda, estudos de “blazares” e, eventualmente, de “fast radio bursts”. O BDA deverá cobrir a lacuna de 8 h existente nas observações radiointerferométricas entre a Europa e América do Norte, incluindo o país no cenário radioastronômico mundial. O desenvolvimento tem a participação de várias instituições do Brasil (INPE, UFSM, PUC-PCaldas, CRAM-Mackenzie) e do Exterior (NCRA, IIA e GMRT, Índia; RAL-U.C. Berkeley e NJIT, U.S.A.; ISTP, Rússia; Ondrejov Observatory, Rep. Tcheca e NRO, Japão). A comunidade científica, por meio da Sociedade Astronômica Brasileira, também recomenda o BDA.

O interferômetro BDA é um instrumento complexo, composto de vários subsistemas, os quais devem operar simultaneamente, de forma integrada, e com coerência de fase entre os sinais de todos os elementos do arranjo, bem como estabilidade da fase desde a entrada do sinal na antena até o registro no arquivo de dados de saída. Entre os subsistemas que compõem o instrumento encontram-se o correlacionador digital de sinais e o imageador interferométrico.

No estágio atual do projeto, quando o correlacionador digital encontra-se em pleno desenvolvimento e testes, chegamos no momento de atuar na formatação dos arquivos de dados de saída do correlacionador digital. Os dados deverão ser formatados pelo bolsista para algum dos formatos interferométricos de padrão internacional, preferencialmente no formato MeasurementSet (MS), ou no formato FITS-IDI, sabidamente compatíveis com o pacote de tratamento de dados interferométricos para imageamento conhecido por “Common Astronomy Software Applications (CASA)”.



Além disso, o subsistema de imageamento é imprescindível para o BDA e também deve ser desenvolvido, testado e implementado para a produção das imagens que se caracterizam como o produto do interferômetro. Sendo assim, o bolsista também deverá participar e atuar na instalação do “CASA”. O “CASA” possui todas as tarefas necessárias para ler os arquivos de dados de saída de um interferômetro rádio e processar esses dados até a geração da imagem produto das observações.

Estes dois aspectos a serem desenvolvidos, testados, implementados e integrados no instrumento envolvem tarefas complexas que necessitam de mão-de-obra qualificada e especializada de alto nível para sua realização. Para executar da forma correta estas tarefas, o bolsista selecionado deverá possuir graduação / pós-graduação em algum curso relacionado a programação computacional (Matemática Computacional, Ciência da Computação, Engenharia de Computação, Engenharia de “Software”), ou outro curso da área de Ciências Exatas que envolva programação computacional aplicada a projetos científicos.

Além disso, caso haja tempo disponível, o bolsista também poderá dar suporte e participar de atividades relacionadas ao subsistema de rastreamento e controle de antenas, bem como do subsistema receptor de rádio seja do BDA e, eventualmente de algum outro projeto de radio astronomia da DIAST.

Neste sentido, esta proposta visa a contratação de um bolsista PCI de categoria DA, com o seguinte perfil: Profissional 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. É necessário que o bolsista possua conhecimento e experiência prática em desenvolvimento de código (programa) computacional, aplicado a projeto científico, em alguma linguagem de programação de alto nível, com preferência para as linguagens Python, C e C++

5.4.2 - Objetivo Geral

Desenvolvimento instrumental (incluindo interferômetro rádio, subsistema de imageamento, subsistema de rastreamento de antenas e subsistema receptor) para realização de pesquisas científicas.

- Objetivo Específico 1: Realizar estudos científicos de fenômenos solares energéticos para melhorar a compreensão dos processos de armazenamento e liberação de energia responsáveis por sua ocorrência.
- Objetivo Específico 2: Investigar a dinâmica e realizar a modelagem de estruturas e campos magnéticos solares responsáveis pela geração de aquecimento coronal e de fenômenos transientes energéticos na atmosfera solar por meio de observações em rádio.
- Objetivo Específico 3: Investigar fenômenos ocorrendo em fontes emissoras de rádio de origem galáctica e extra-galáctica, principalmente do hemisfério sul celeste.

5.4.3– Insumos

5.4.3.1 – Custeio

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

5.4.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/ nível	Meses	Quant
5.4.1	Profissional com formação em Ciência da Computação,	Computação, Desenvolvimento	1, 2, 3	D-A	04	1

Matemática Computacional, Engenharia da Computação, Engenharia de Sistemas, Engenharia de Software, Engenharia Eletrônica ou áreas afins, com 10 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 anos; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo 6 anos.	instrumental, Engenharia ou áreas afins de ciências exatas e computação. É desejável experiência em projetos de desenvolvimento científico e/ou instrumental.				
---	--	--	--	--	--

5.4.4 – Plano de Atividades

Atividades	OE	Indicadores	2023/2024
1 – Geração e implementação do formato padrão (preferencialmente MeasurementSet ou FITS-IDI) nos arquivos de dados interferométricos do BDA.	1	Arquivos de dados do interferômetro num formato padrão interferométrico (preferencialmente MeasurementSet ou FITS-IDI)	Testes e dos arquivos formatados junto a plataformas imageadoras como por exemplo “CASA”. E validação do formato implementado.
2 – Instalação e testes da plataforma “CASA” de imageamento de dados radiointerferométricos. Executar testes funcionais e de validação do funcionamento da plataforma “CASA”.	2.	Plataforma de imageamento de dados radiointerferométricos “CASA” instalada e funcional	Apresentação, sob a forma de relatório técnico e manual de utilização, dos resultados dos testes funcionais e da validação do funcionamento do “CASA”.
3 - Adaptação de subsistema receptor para agregar dispositivo “Software Defined Radio (SDR)” nos receptores das antenas do BDA.	3.	Subsistema receptor com “SDR” instalados nos receptores das antenas, testado validado e operante, executando a recepção dos sinais de observação.	Apresentação, sob a forma de relatório técnico e manual de utilização, dos resultados dos testes funcionais, ajustes e validação do subsistema receptor.

5.4.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre	
	2023	2024

	1	2	1	2
Atividade 1		X	X	
Atividade 2		X	X	
Atividade 3		X	X	

5.4.6 – Produtos

Produtos	OE	Indicadores	Metas 2023/2024
Arquivos de dados de saída do correlacionador formatados no formato padrão de dados radiointerferométricos (MeasurementSet / FITS-IDI)	1	Arquivos de dados gerados no formato padrão radiointerferométrico MeasurementSet / FITS-IDI	Arquivos de dados radiointerferométricos de saída, no formato padrão, testados e validados
Plataforma de imageamento de dados radiointerferométricos “CASA” instalada, testada com resultados positivos e funcional	2	Plataforma de imageamento de dados radiointerferométricos “CASA” instalada e funcional	Plataforma imageamento de dados radiointerferométricos “CASA” funcionando para produção de imagens.
Subsistema receptor do BDA com “Software Defined Radio (SDR)” instalado, testado, aprovado e operacional	3	Relatório técnico da instalação, testes e validação do subsistema receptor do BDA funcionando com SDR.	Testes funcionais, ajustes necessários, testes operacionais em condições reais de observação e validação do subsistema receptor usando SDR.

5.4.7 – Resultados Esperados

Resultados	OE	Indicadores	Metas 2023/2024
Arquivos de dados radiointerferométricos do BDA gerados no formato padrão MeasurementSet / FITS-IDI	1	Arquivos de dados de saída do correlacionador atendendo ao padrão internacional (MeasurementSet / FITS-IDI).	Geração de arquivos de dados de saída do correlacionador no formato padrão interferométrico (MeasurementSet / FITS-IDI).
Plataforma de imageamento de dados radiointerferométricos “CASA” instalada e funcionando	2.	Plataforma de imageamento de dados interferométricos “CASA” instalada e pronta para uso.	Plataforma de imageamento de dados interferométricos “CASA” funcionando para gerar as imagens produto do interferômetro.



Receptores das antenas do BDA com "Software Defined Radio (SDR)" instalado e funcionando.	3.	"Software Defined Radio (SDR) funcionando, ajustando e controlando os receptores das antenas do interferômetro	Receptores das antenas, usando SDR, funcionando e prontos para uso.
---	----	--	---

5.4.8 - Recursos Solicitados

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00	4	1	20.800,00
	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\$)					20.800,00

5.4.9 - Equipe do Projeto

- José Roberto Cecatto
- Carlos Alexandre Wuensche
- José Williams dos Santos Villas Boas
- César Strauss
- Khristhiano Lemos da Rocha Souza
- Alan Braga Cassiano
- Luiz Antonio Reitano
- Telmo Claudinei Machado
- Matheus de Carvalho Abelha



Projeto 5: PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM CIÊNCIAS ESPACIAIS E ATMOSFÉRICAS

Subprojeto 5.5: Projeto mecânico do protótipo de espectropolarímetro solar

5.5.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 5 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE e está inserido no TAP Galileo Solar Space Telescope (GSST) – Phase 0/A (SEI número. 01340.003293/2021-21).

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em seu Plano Diretor 2022-2026 [1], menciona como “competências de caráter singular” do instituto “Pesquisa, desenvolvimento tecnológico e de instrumentação, para observação e estudo do espaço, incluindo análise de impactos dos fenômenos observados nos sistemas tecnológicos e seu caráter operacional”. Esta competência contempla a concepção, a especificação, o projeto e o desenvolvimento de instrumentação em solo e embarcada, modelagem, geração, interpretação e análise de dados para observação e estudo do espaço em distintas faixas observacionais, tais como: micro-ondas, óptica, raios-X, e ondas gravitacionais. As pesquisas e os desenvolvimentos nesta área têm por objetivo entender fenômenos físicos e químicos que ocorrem nas áreas de Astrofísica, Heliofísica, Ciências Planetárias e Aeronomia. O INPE tem dentre seus projetos, a Missão Telescópio Solar Espacial Galileo – GSST [2]. O projeto da missão GSST é composto por uma parte de solo, com um instrumento protótipo, e uma missão espacial, ambos para realizar observações solares. Além do aspecto científico, ligado à Divisão de Heliofísica, Ciências Planetárias e Aeronomia (DIHPA) o projeto também está ligado ao Estudo em Monitoramento Brasileiro do Clima Espacial (EMBRACE).

Nesta área de pesquisa, destaca-se o desenvolvimento de instrumentação científica inovadora para a realização de observações heliofísicas e astrofísicas. Esta área do INPE é pioneira no desenvolvimento e utilização de instrumentação para astronomia espacial, rádio interferometria, geomagnetismo, acoplamento eletrodinâmico atmosférico e espacial e fenômenos espaciais peculiares da região equatorial do planeta. Recentemente, um esforço grande foi dedicado ao estabelecimento de infraestrutura de processamento de dados de alto desempenho para realização de pesquisas competitivas na área de modelagem de fenômenos atmosféricos e espaciais. Também com longa tradição, merecem destaque estudos teóricos e através de análise de dados, de fenômenos físicos universais observados na interação Sol-Terra, em especial ao fenômeno de reconexão magnética.

Em particular, desde 2013, a antiga Coordenação Geral de Ciências Espaciais e Atmosféricas (CGCEA), atual Coordenação Geral de Engenharia, Tecnologia e Ciência Espaciais (CGCE) abriu chamadas de projetos de maior vulto, nas quais um projeto de desenvolvimento de um Telescópio Solar, embrião da missão “Galileo Solar Space Telescope” - GSST foi avaliado e recomendado, tendo sido iniciado seu financiamento. O projeto tem planejamento de curto, médio e longo prazo, estando atualmente na fase de testes de protótipo. O projeto foi avaliado por comissões independentes nomeadas por Comitês Assessores nos anos de 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 e 2018, tendo sido sempre aprovado e financiado parcialmente. Este projeto tem como um de seus objetivos apoiar de forma parcial o projeto de desenvolvimento da Missão GSST/Telescópio Solar do INPE, através de um bolsista na área de engenharia, Geofísica Espacial ou Astrofísica.

A primeira fase foi dividida em duas subfases: (a) protótipo de prova de conceito (DC) e (b) protótipo avançado (PA). O protótipo de prova de conceito é uma versão funcional do instrumento a construído com componentes COTS para testar o controle do sistema, sincronização, aquisição de dados e conceitos de imagem, bem como as restrições do design óptico. Embora a maior parte do design óptico do protótipo de prova de conceito seja o mesmo do protótipo avançado, esta versão empregará um telescópio de 150 mm em vez de um de 500 mm. Concluímos a integração do hardware de prova de conceito em julho/2018. A maioria dos componentes críticos do protótipo de prova de conceito será transferida para os protótipos posteriores.

5.5.2 - Objetivo Geral



O objetivo geral deste projeto é desenvolver e projetar a instalação de um protótipo do Telescópio Solar dentro do campus do INPE para testes e identificação de correções necessárias.

Para atingir o Objetivo Geral deste projeto, serão realizados os seguintes objetivos específicos:

OE1) Projeto mecânico da estrutura do protótipo do espectropolarímetro;

OE2) Projeto mecânico dos subsistemas ópticos;

OE3) Acompanhamento da manufatura dos componentes mecânicos.

5.5.3 - Insumos

5.5.3.1 – Custeio

Finalidade	Item de Custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)
Visitas técnicas de membro da equipe de desenvolvimento de instrumentação científica em instituição com a qual o grupo possui colaboração	Passagem	
Visitas técnicas de membro da equipe de desenvolvimento de instrumentação científica em instituição com a qual o grupo possui colaboração	Diárias	
Visitas técnicas de especialistas estrangeiros em desenvolvimento de instrumentação científica para realização de observações solares	Passagem	
Visitas técnicas de especialistas estrangeiros em desenvolvimento de instrumentação científica para realização de observações solares	Diárias	

5.5.3.2 – Bolsas

O projeto necessita de um profissional com formação em engenharia mecânica ou áreas afins, ou Geofísica Espacial, Física ou Astrofísica ou áreas afins, com experiência em desenvolvimento de instrumentação científica e experiência em análise de dados experimentais na área de ciências espaciais ou solar, tanto de instrumentos científicos, quanto de engenharia.

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria /nível	Meses	Quant
5.5.1	Profissional com formação em Engenharia Mecânica, 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.	Engenharia Mecânica ou Áreas afins; ou Geofísica Espacial, Física ou Astrofísica ou áreas afins.	1-3	D-A	4	1

5.5.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
1. Instalação e operação de um espectro polarímetro solar no campus do INPE.	1-3	Espectro polarímetro solar com as adequações projetadas.	Projetos mecânicos realizados.	
2. Preparação de projetos para agências financiadoras	1-3	Documentos	Preparação de documentos	Preparação de documentos

5.5.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre			
	2023		2024	
	1	2	1	2
1. Instalação e operação de um espectro polarímetro solar no campus do INPE				
2. Preparação de projetos para agências financiadoras				

5.5.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Protótipo ou subsistema de Instrumento científico para observação em Heliofísica ou Astrofísica testado.	1-3	1 * Nº de relatórios de testes em protótipos	Relatório do teste no Protótipo instalado no campus do INPE.	Relatório do teste no Protótipo instalado no campus do INPE.
Preparação de projetos para agências financiadoras	1-3	1 * Nº de documentos de preparação de projetos	Relatório dos documentos já preparados até o momento	Relatório dos documentos já preparados até o momento

5.5.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Contribuição para a realização de prospecção, concepção e elaboração de requisitos científicos e técnicos de instrumentos científicos para Ciências Espaciais	1-3	1 *Nº de prospecções, concepções e elaborações realizadas	1	1



Contribuição para o desenvolvimento de projetos de instrumentação científica em plataformas espaciais e no solo em Ciências Espaciais	2-3	1 * N° de desenvolvimentos de projetos instrumentais	1	1
Contribuição para a realização e elaboração projetos de requisitos científicos e técnicos de instrumentos científicos	1-4	1 * N° de desenvolvimentos de documentações para os projetos realizados	2	1

5.5.8 - 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	4	1	R\$20.800,00
	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\$)					R\$ 20.800,00

5.5.9 - Equipe do Projeto

Alisson Dal Lago
Luis Eduardo Antunes Vieira
Marlos Rothenbach da Silva
Fernando Guarnieri

5.5.10 - Referências Bibliográficas

- [1] Plano Diretor do INPE — Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (www.gov.br): <https://www.gov.br/inpe/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/plano-diretor>, 2022. <acessado em 05/06/2022> .
- [2] Vieira, L. E. A. [et al.](#) ; Preliminary design of the INPE's Solar Vector Magnetograph. Proceedings of the International Astronomical Union (Print), v. 10, p. 195-199, 2014.
- [3] Vieira, L. E., et al. RELATÓRIO ANUAL 2015 - TELESCÓPIO SOLAR EXPERIMENTAL BRASILEIRO. sid.inpe.br/mtc-m21b/2015/12.21.11.31-PRP. 2015



Projeto 5 – Pesquisa e desenvolvimento em Ciências Espaciais e Atmosféricas

Subprojeto 5.6: Tempestades solares em rádio

5.6.1 – Introdução

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em seu Projeto 5 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) de 2022, 2018-2023 (OE9, OE5 e OE10), número número 400077/2022-1, disponível na página do INPE, prevê a realização de geração de conhecimento científico por meio de pesquisa básica e de tecnologias com desenvolvimento industrial na área de Ciências Espaciais e Atmosféricas, através do programa Embrace.

O programa Embrace tem como principal objetivo monitorar o Clima Espacial, a fim de fornecer informações úteis para as comunidades científicas e áreas tecnológicas, industriais e acadêmicas. O Clima Espacial engloba as condições e processos que ocorrem no espaço, os quais têm potencial de afetar o ambiente próximo à Terra e/ou os seres humanos, além de sistemas tecnológicos. O seu objetivo é o conhecimento dos fenômenos que ocorrem neste ambiente espacial, seja em decorrência do estado ou modificações nele. Assim, o estudo e a previsão dos acontecimentos no sistema Sol-Terra são tópicos de grande interesse para a comunidade científica, uma vez que afetam diretamente sistemas tecnológicos, instalações físicas e serviços que atendem as necessidades da sociedade atual.

Entre as áreas do serviço do Clima Espacial, o monitoramento solar é considerado essencial para se iniciar as análises de ambiente espacial além de prover alertas e previsão do impacto dos efeitos das tempestades solares na comunicação e serviços de precisão georreferenciados. Tais efeitos derivam das irregularidades de ionização pelo excedente de radiação ionizante produzido nas explosões.

Em princípio, as explosões apenas apresentam as características iniciais das tempestades e as análises subsequentes são ainda mais importantes caso as explosões sejam acompanhadas de ejeções de massas coronais (CME).

O monitoramento e a previsão das explosões solares e CMES são essenciais para a prestação do serviço de clima espacial. Isso se deve ao fato desse serviço englobar desde uma análise científica do estado do Sol e meio interplanetário para alimentar modelos de previsão necessários até a antecipação de danos aos sistemas embarcados em satélites, proteção de linhas de transmissão de energia de alta potência, comunicação, geo-referenciamento, dentre outros.

Além disso, o projeto também está vinculado ao Termo de Abertura de Projeto (TAP), intitulado “Ambiente exterior dosagem e previsão de radiação”, processo SEI número 01340.003257/2021-68.

5.6.2 - Objetivo Geral

O objetivo geral desse projeto é estudar variações do fluxo de radiação em rádio solar nos telescópios solares do Embrace para modelagem de impactos. Para tanto, é necessário automatizar a detecção de padrões de emissão no fluxo e espectro através de análise simultânea do espectrômetro CALLISTO e SPECM do Embrace para emissão de alertas.

Para realização do objetivo geral descrito é necessário o desenvolvimento dos seguintes objetivos específicos:

Objetivo Específico: Desenvolvimento de um sistema de alertas de tempestades solares com a obtenção e tratamento de dados obtidos pelos telescópios solares do Embrace para decisão de emissão de alertas. As seguintes atividades são necessárias na primeira fase do desenvolvimento:

1. Operação dos rádios telescópios do Embrace para uso no projeto de análise e detecção de alertas de tempestades solares;
2. Desenvolvimento de um sistema de processamento preliminar dos dados para minimização de ruídos elétricos e interferências eletromagnéticas do ambiente;

Em uma fase posterior o desenvolvimento deverá integrar outras base de dados e levantar os níveis de alerta para o serviço de análises do ambiente espacial:

3. Desenvolvimento de um sistema de processamento dos dados para calibração dos índices obtidos dos fluxos nos comprimentos de ondas em 10.7 cm e 30 cm;
4. Criação de um índice de alerta de tempestade solar;



5. Distribuição dos índices em tempo real para publicação de boletins diários dos níveis de variação dos fluxos em rádio de fenômenos transientes

5.6.3 – Insumos

5.6.3.1 – Custeio

Não se aplica.

5.6.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria /nível	Meses	Quant
5.6.1	Técnico de nível médio em Eletrônica ou áreas afins, com diploma de Escola Técnica reconhecida pelo MEC e com experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação	Experiência com sistemas digitais para processamento de dados. Conhecimentos básicos em: 1) Receptores em rádio, integração de equipamentos digitais e de RF para controle e automação de hardware por computadores. 2) Experiência técnica em eletrônica para testes de funcionamento e calibragem de equipamentos eletrônicos de bancada tais como analisador de espectro, multímetros entre outros. 3) Necessário ter capacidade de compreensão de processos básicos de algoritmos de filtragem de ruído digital.	1	DE	4	1

5.6.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2020	2021	2022	2023	2024
Desenvolvimento de sistemas de recepção e armazenamento de dados.	1					Tornar operacional o SPECM e CALLISTO e integrar os dados em ambiente de análise.	
Desenvolvimento de software de análise de dados de receptores em rádio	1	Software testado e operacional				Aprimoramento de software de eliminação de ruídos nos sinais magnéticos e detecção de eventos extremos. Disponibilização	

5.6.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre			
	2023		2024	
	1	2	1	2
Operacionalização do sistema de rastreo solar do projeto SPECM e CALLISTO	X			
Integração dos receptores espectrógrafos do SPECM na antena e testar.	X	X		
Processamento de dados solares dos dois espectrômetros.		X	X	
Análise dos espectros para eliminação de ruídos.		X	X	

5.6.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Projeto SPECM e CALLISTO operacionais	1	Antenas integradas e em funcionamento	X	
Software finalizado para eliminação de ruídos e identificação de eventos extremos.	1	Procedimento realizado e testado	X	
Sistema de visualização disponibilizado	1	Registro gráfico disponibilizado na internet	X	X

5.6.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2023	2024	2025	2026	2027



Dados dos receptores CALLISTO e SPECM sendo adquiridos	1	Sistema integrado e Espectros coletados	X	X			
Sistema de validação com remoção de ruído concluído	1	Softwares/Hardware integrados e implementados.	X				
Visualização gráfica	1	Gráficos em exposição		X			

5.6.8 – Recursos Solicitados

5.6.8.1 Custeio:

Não se aplica.

5.6.8.2 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			
	E	1.950,00	4	1	7.800,00
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					7.800,00

5.6.9 - Equipe do Projeto

Joaquim Eduardo Rezende Costa, Khristhiano Lemos, Marcelo Banik de Pádua.

5.6.10 - Referências Bibliográficas

[1] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. *Plano Diretor do INPE 2016-2019*: São José dos Campos, 2016.

[2] Plano de Trabalho INPE-AEBE-TED 2018 - Ação 20VB e 20VC_ final (Documento SEI: 01340.001474), 2018.



Projeto 6: PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM CIÊNCIAS ESPACIAIS E ATMOSFÉRICAS ou PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIAS PARA O SETOR ESPACIAL

Subprojeto 6.1: Projeto COTS-INPE

6.1.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 6 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE, no Objetivo Específico 6: Desenvolvimento e pesquisa em Engenharia da Radiação Espacial e está associado ao TAP 01340.005775/2021-16, Acqua Brasiliis.

Os sistemas espaciais exigem eletrônica que possa operar em um ambiente de alta radiação. Esta radiação pode resultar de partículas aprisionadas no campo magnético da Terra (por exemplo, os cinturões de Van Allen, que afetam satélites na órbita da Terra), os raios cósmicos galácticos, ou prótons de alta energia de eventos solares. Em órbita baixa da Terra (LEO), um circuito integrado é exposto a altos níveis de radiação ao longo de sua vida útil (em órbitas LEO na Anomalia do Atlântico Sul (SAA), os níveis de exposição podem aumentar para várias centenas de kilorads ou mais dentro do cinturão de Van Allen interno).

A maioria dos componentes eletrônicos semicondutores é suscetível a danos causados pela radiação; componentes resistentes à radiação são baseados em seus equivalentes comerciais, com variações de projeto e de produção que reduzam a susceptibilidade aos danos da radiação.

6.1.2 - Objetivo Geral

O objetivo geral é o desenvolvimento do ciclo completo (missão, projeto, construção, teste e controle orbital) de plataformas espaciais (satélites e sondas) e suas cargas úteis (subsistemas e equipamentos) para vários tipos de missões, visando dotar o país de capacidade própria no desenvolvimento de sistemas espaciais com uso de novas tecnologias, abrangendo os dois segmentos, espacial e solo. Para isto o projeto irá desenvolver o uso de Componentes COTS (Commercial Of The Shelf).

A tecnologia COTS (Commercial Off The Shelf) em componentes eletrônicos deve ser considerada no projeto de novos sistemas ou modernização de sistemas complexos de ciclo de vida longo. Atualmente os fabricantes não estão disponibilizando no mercado, componentes complexos para uso espacial. Um dos principais motivos é a economia de escala. O estudo do nível de radiação em órbita impacta diretamente no uso dos componentes, necessitando de pesquisas e obtenção de dados satelitais sobre os níveis de radiação no cinturão de radiação do planeta (Van Allen Belt).

Para atingir o Objetivo Geral deste projeto, serão realizados os seguintes objetivos específicos:

Objetivo Específico 6: Desenvolvimento e pesquisa em Engenharia da Radiação Espacial.

Para atingir o **OE6** serão realizadas as seguintes atividades:

OE6.1 - Pesquisa de componentes eletrônicos e materiais para uso espacial,

OE6.2 - Desenvolvimento de funções para circuitos de aplicação específica (ASIC) eletrônicos

OE6.3 - Desenvolvimento de normas aplicáveis à radiação na área espacial.

OE6.4 - Desenvolvimento de detectores de radiação espacial

OE6.5 - Desenvolvimento de ferramentas (software e hardware) de análise de radiação em ambientes espaciais aplicada em satélites.

OE6.6 - Pesquisa dos níveis de radiação utilizando dados de missões espaciais anteriores

6.1.3 - Insumos

6.1.3.1 – Custeio

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



	Diárias	
	Passagem	
	Diárias	

6.1.3.2 – Bolsas

O projeto necessita de um profissional com formação em engenharia elétrica, eletrônica, mecatrônica, computação ou Física com conhecimento de eletrônica analógica e digital sendo um profissional com capacitação para desenvolver procedimentos e efetuar testes em laboratório de circuitos eletrônicos e componentes eletrônicos. O profissional será responsável em desenvolver ambientes de verificação para testar parâmetros de componentes eletrônicos.

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria /nível	Meses	Quant
6.1.1	Profissional com formação em Engenharia Elétrica, Eletrônica, Computação, Mecatrônica, 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	Profissional com experiência em circuitos eletrônicos, inglês intermediário e desejável conhecimento em MathLab, em componentes eletrônicos digitais e analógicos, e física de partículas	6.1 a 6.6	D-A	04	1*

* Em havendo **disponibilidade de recursos para o subprojeto**, poder-se-á chamar os candidatos subsequentes da lista de classificação.

6.1.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
1- Desenvolvimento de Engenharia da Radiação para Missão de satélites.	6.1, 6.2, 6.6	N.o de Artigos N.o de Relatórios Técnicos Valor executado de bolsas para a fase N.o de documentos N.o de Esquemas elétricos N.o de desenhos mecânicos	Procedimentos de seleção de componentes COTS. Estudo do cinturão de radiação terrestre (Van Allen Belt) Escrever os guias de aplicação e os procedimentos e validar o sistema e as ferramentas de software. Testes de irradiação e análises	

6.1.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre			
	2023		2024	
	1	2	1	2
Desenvolvimento de Engenharia da Radiação para Missão de satélites.				
1. Pesquisa em análise ambiental de radiação da Missão Radar, Amazônia 1B, EQUARS, Geoestacionária e Pequenos Satélites em órbita LEO.				
2. Desenvolvimento de Hardware de Detector de Radiação Espacial				
3. Desenvolvimento de software Detector de Radiação Espacial				
4. Integração e Testes				
5. Realização de experimentos para qualificação de componentes comerciais de prateleira, para uso espacial.				
6. Pesquisa aplicada no desenvolvimento de processos e procedimentos de radiação e - Pesquisa dos níveis de radiação utilizando dados de missões espaciais anteriores				

6.1.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Ferramentas de análise ambiental de radiação.	6.1, 6.2	Documentação da metodologia Relatório de resultados	Out-Dez	Jan
Levantamento dos níveis de radiação obtidos por missões espaciais anteriores	6.6	Relatório de resultados de Níveis de radiação	Out-Dez	Jan
Desenvolvimento de detectores de radiação espacial	6.4	Simulação de circuitos de detectores de radiação		

6.1.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas (%)	
			2023	2024
1- Capacitação tecnológica	6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6	Novos projetos	5	2
2- Processos inovadores	6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6	Validação	5	2
3- Independência tecnológica	6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6	Domínio do ciclo completo de uso de componentes COTS para satélites e dados do cinturão de radiação na Anomalia do Atlântico Sul.	5	2
4- Produtos para a sociedade	6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6	Geração de novas informações do território brasileiro para planejamento e controle.	5	2
5- Produção Intelectual	6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6	Relatórios Técnicos realizados	10	2

6.1.8 - 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	4	1*	20.800,00
	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\$)					20.800,00

* Em havendo **disponibilidade de recursos para o subprojeto**, poder-se-á chamar os candidatos subsequentes da lista de classificação.

6.1.9 - Equipe do Projeto

Silvio Manea
Marcio Afonso Arimura Fialho
Ana Paula de Sá Santos Rabello

6.1.10 - Referências Bibliográficas

- [1] Wertz, J. R; Spacecraft Attitude Determination and Control, D. Reidel Publishing , Dordrecht, Holand, 1978.
- [2] Wertz, J. R; Larson, W.J.; Space Mission Analysis and Design, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holand, 1991.
- [3] Parker S., SpaceWire User´s Guide – Star-Dundee
- [4] R. H. Maurer et al., "Early Results From the Engineering Radiation Monitor (ERM) and Solar Cell Monitor on the Van Allen Probes Mission," in IEEE Transactions on Nuclear Science, vol. 60, no. 6, pp. 4053-4058, Dec. 2013, doi: 10.1109/TNS.2013.2281937.
- [5] Bazilevskaya G.A. et al, Dynamics of the ionizing particle fluxes in the Earth's atmosphere, PROCEEDINGS OF THE 31st ICRC, Ł ´ OD ´ Z 2009



Projeto 6: PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIAS PARA O SETOR ESPACIAL

Subprojeto 6.2: Adaptação dos ambientes de simulação que serão utilizados no Laboratório de Modelagem e Simulação da Dinâmica e do Controle em Malha Fechada de Órbita e Atitude de Veículos Espaciais (*Lab MSDC - Atitude e Órbita*)

6.2.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 6 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE.

A implantação nas dependências da DIMEC no INPE do *Laboratório de Modelagem e Simulação da Dinâmica e do Controle em Malha Fechada de Órbita e Atitude de Veículos Espaciais* (Termo de Abertura de Projeto número 01340.003277/2021-39), visa a criação e implantação de um laboratório que será o local onde os modelos desenvolvidos pelo grupo de pesquisa do CNPQ *Modelagem e Simulação da Dinâmica de Órbita e Atitude de Veículos Espaciais Utilizando Controle em Malha Fechada* (dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/9789493601740209) possam ser implementados em ambiente computacional, de maneira a lidar com o problema do controle em malha fechada tanto de órbita quanto de atitude, sob o ponto de vista da Engenharia, utilizando uma abordagem adequada ao problema, que considere aspectos construtivos do veículo, caracterizando dessa maneira uma mudança de paradigma por meio da inovação que esta abordagem representa e uma contribuição tecnológica significativa para a Engenharia Espacial. Podendo ser aplicado no estudo de missões de satélites ao redor da Terra ou missões ao redor de outros corpos, e ainda, missões de rendezvous, manobras orbitais e de atitude, constelações e formações de satélites, manobras visando o pouso na superfície de corpos celestes, manobras de acoplamento, manobras de atracação de veículos e robótica espacial.

O laboratório poderá ser utilizado para atender as demandas da DIMEC na realização de pesquisa aplicada e desenvolvimento nas áreas de dinâmica orbital, controle e guiamento de satélites artificiais. Além de propiciar ambiente adequado para o desenvolvimento de métodos e algoritmos para determinação e propagação de órbita e atitude de satélites e sistemas correlatos, bem como subsistemas de controle de atitude e órbita.

6.2.2 - Objetivo Geral

O objetivo geral do Projeto Institucional do INPE é o desenvolvimento do ciclo completo (missão, projeto, construção, teste e controle orbital) de plataformas espaciais (satélites e sondas) e suas cargas úteis (subsistemas e equipamentos) para vários tipos de missões, visando dotar o país de capacidade própria no desenvolvimento de sistemas espaciais com uso de novas tecnologias, abrangendo os dois segmentos, espacial e solo.

Já o objetivo geral deste projeto de bolsa PCI é a instalação, adaptação e atualização dos ambientes de simulação já existentes, em desenvolvimento pelo grupo de pesquisa *Modelagem e Simulação da Dinâmica de Órbita e Atitude de Veículos Espaciais Utilizando Controle em Malha Fechada*, que serão utilizados no *Lab MSDC Atitude e Órbita*.

Para atingir o Objetivo Geral deste projeto, serão realizados os seguintes objetivos específicos:

OE1- Auxiliar na instalação e adaptação dos ambientes de simulação *Spacecraft Trajectory Simulator* (STRS), *Spacecraft Attitude Simulator* (SAS) e *Spacecraft Trajectory and Attitude Simulator* (STAS), além de outros desenvolvidos pelo proponente, para a versão do software de modelagem e simulação computacional adquirida pelo INPE (TAP número 01340.003277/2021-39).

OE2- Auxiliar no desenvolvimento de estudos de casos, visando testar se os ambientes de simulação foram adequadamente instalados e adaptados para a versão do software de modelagem e simulação computacional adquirida, de maneira a capacitar o *Lab MSDC Órbita e Atitude* para colaborar com o INPE e a CGCE na pesquisa e desenvolvimento de sistemas de



controle (ACDH) para satélites estabilizados em três eixos e o desenvolvimento de sistemas de controle de órbita e atitude (AOCS).

6.2.3 - Insumos

6.2.3.1 – Custeio

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

6.2.3.2 – Bolsas

O projeto necessita de um profissional com formação em Engenharia, Física ou Matemática, com título de doutor em Engenharia e Tecnologia Espaciais, com experiência em modelagem e simulação da dinâmica de órbita e/ou atitude de veículos espaciais.

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/ nível	Meses	Quant
6.2.1	Profissional com diploma de nível superior em Engenharia, Física, Matemática ou Computação e com experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação	Experiência em modelagem e simulação da dinâmica de veículos espaciais.	1 e 2	DD	4	1 *

* Havendo disponibilidade de recursos no decorrer do ano, outros bolsistas poderão ser chamados, obedecendo-se a lista de classificação.

6.2.4 - Atividades de Execução

Estudo de Missões de Novos Satélites; Desenvolvimento de Software; Especificação e implementação de Simuladores da Dinâmica de Satélites.

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
1. Estudo de Missões de Novos Satélites	1 e 2	-Artigos -Relatórios técnicos -Documentos -Valor executado de bolsas para a fase	Estudos de casos, visando testar se os ambientes de simulação foram adequadamente instalados e adaptados	Estudos de casos, visando testar se os ambientes de simulação foram adequadamente instalados e adaptados
2. Especificação e implementação de Simuladores da Dinâmica de Satélites	1	-Artigos -Relatórios técnicos -Documentos -Valor executado de bolsas para a fase	Instalação e adaptação dos ambientes de simulação	Instalação e adaptação dos ambientes de simulação



6.2.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre															
	2023								2024							
	1º				2º				1º				2º			
1. Estudo de Missões de Novos Satélites																
2. Especificação e implementação de Simuladores da Dinâmica de Satélites																

6.2.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Algoritmo implementado	1 e 2	Algoritmo operacional Relatórios de testes Documentação de projeto	75%	25%

6.2.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Capacitação tecnológica	1 e 2	Novos projetos	75%	25%

6.2.8 - 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			
	B	4.160,00			
	C	3.380,00			
	D	2.860,00	4	1*	11.440,00
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					11.440,00

* Em havendo **disponibilidade de recursos para o subprojeto**, poder-se-á chamar os candidatos subsequentes da lista de classificação.

6.2.9 - Equipe do Projeto

Evandro Marconi Rocco

6.2.10 - Referências Bibliográficas

TAP – Termo de Abertura de Projeto número 01340.003277/2021-39.

Projeto 6: PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIAS PARA O SETOR ESPACIAL

Subprojeto 6.3: Tecnologia de produção e qualificação de tubos de calor, documentada e configurada

6.3.1 – Introdução

Este projeto vai finalizar o desenvolvimento de uma tecnologia inovadora ainda não dominada no Brasil, para tubos de calor com perfil extrudado de alumínio, qualificados para aplicação em satélites, utilizando fluidos de trabalho não tóxicos e que trabalham à baixa pressão, como acetona e água. Estes tubos podem substituir em parte ou totalmente os tubos de calor de amônia, um fluido altamente tóxico e de alta pressão, importados e utilizados em missões do Programa Espacial Brasileiro, como nos satélites do programa CBERS, além de possuir grande potencial comercial a nível internacional.

Este subprojeto, 01340.003220/2021-84, consta no Projeto 6 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2019-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE.

De acordo com o Projeto 6 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2019-2023: Existe um forte alinhamento deste subprojeto com o Objetivo Específico 3 do Projeto 6, uma vez que se trata do desenvolvimento de tecnologia inovadora no país na área de Controle Térmico de Satélites, que conta com um experimento tecnológico TUCA no satélite AMZ1.

6.3.2 - Objetivo Geral

Como Objetivo Geral deste projeto tem-se:

Objetivo Geral: Desenvolvimento, qualificação e documentação da tecnologia de tubos de calor nacionais de alumínio com água para aplicações espaciais incluindo avaliação de desempenho e previsão da vida útil de tubos de calor por modelagem matemática.

Como objetivos específicos deste projeto:

Objetivo Específico 1: realizar uma revisão bibliográfica visando identificar compostos viáveis para o uso como inibidores de corrosão para o alumínio em água.

Objetivo Específico 2: avaliar a resistência à corrosão do alumínio em água contendo inibidores.

Objetivo Específico 3: avaliar o uso combinado de anodização e inibidores de corrosão como proteção para o alumínio em água.

Objetivo Específico 4: realizar a análise de viabilidade do uso combinado das duas tecnologias e produzir um relatório de atividades

6.3.3 - Insumos

6.3.3.1 – Custeio

Finalidade	Item de Custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)
Não se aplica	Passagens	-
Não se aplica	Diárias	-
Não se aplica	Passagem	-
Não se aplica	Diárias	-

6.3.3.2 – Bolsas

O projeto necessita de um profissional com formação em Engenharia de Materiais, Engenharia Química, Química e/ou áreas afins, com experiência anterior no desenvolvimento de materiais e processos para a área espacial, em especial no tratamento de superfícies, deposição química de metais, entre outros.

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria /nível	Meses	Quant
6.3.1	Profissional formado em Engenharia de Materiais, Química 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	Materiais, Química, Afins	5	D-B	4	1

6.3.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			Out/23	Nov/23	Dez/23	Jan/24
1 . Desenvolvimento, qualificação e documentação da tecnologia de tubos de calor nacionais de alumínio com água para aplicações espaciais incluindo avaliação de desempenho e previsão da vida útil de tubos de calor por modelagem matemática.	1. Revisão bibliográfica e proposição de metodologias	Plano de Ensaio	Realizar Revisão Bibliográfica e propor metodologia de ensaio	-		
	2. Avaliar a resistência à corrosão do alumínio em água contendo inibidores	Relatório de análise de desempenho dos inibidores em superfícies de alumínio		Realizar ensaios de corrosão com Al em água com e sem inibidor		
	3- avaliar o uso combinado de anodização e inibidores de corrosão como proteção para o alumínio em água	Relatório de análise de desempenho do inibidor em superfícies de alumínio anodizado			Realizar ensaio de corrosão com Al anodizado em água com e sem inibidor	

	4 - realizar a análise de viabilidade do uso combinado das duas tecnologias e produzir um relatório de atividades					Apresentar relatório de atividades
--	---	--	--	--	--	------------------------------------

6.3.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	2023			2024
	Out	Nov	Dez	Jan
1. Revisão Bibliográfica e proposição de metodologias	X			
2. Avaliar a resistência à corrosão do alumínio em água contendo inibidores		X		
3- Avaliar o uso combinado de anodização e inibidores de corrosão como proteção para o alumínio em água			X	
4 – Realizar análise dos resultados e produzir relatório de atividades PCI				X

6.3.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas (%)			
			Out/23	Nov/23	Dez/23	Jan/24
Revisão Bibliográfica e proposição de metodologias	1	Plano de Ensaio	5			
Resultados de resistência à corrosão do Al com e sem inibidores de corrosão	2	Relatório de análise de desempenho dos inibidores em superfícies de alumínio		40		
Resultados de resistência à corrosão do Al anodizado com e sem inibidores de corrosão	3	Relatório de análise de desempenho do inibidor em superfícies de alumínio anodizado			40	
Relatório Final	4	Relatório de atividades PCI				15

6.3.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas (%)			
			Out/23	Nov/23	Dez/23	Jan/24

Revisão Bibliográfica e proposição de metodologias	1	Plano de Ensaio	5			
Definição do inibidor de corrosão adequado	2	Relatório de análise de desempenho dos inibidores em superfícies de alumínio		40		
Definição da anodização e inibidor adequado	3	Relatório de análise de desempenho do inibidor em superfícies de alumínio anodizado			40	
Resultados de desempenho dos tubos de calor anodizados com água e inibidor	5	Relatório de atividades PCI				15

6.3.8 - Recursos Solicitados

Custeio:

Custeio	Valor (R\$)
Diárias	Não se aplica
Passagens	Não se aplica
Total (R\$)	Não se aplica

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00	4	1	16.640
	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\$)					16.640

6.3.9 - Equipe do Projeto

Dr Eduardo May – DIMEC/CGCE/INPE (coordenador)
 Dr. Rafael Lopes Costa – DIMEC/CGCE/INPE
 Dra. Graziela da Silva Savonov – COMIT/GGIP/INPE
 Eng. "a ser definido" – Bolsista PCI DIMEC/CGCE/INPE

6.3.10 - Referências Bibliográficas

[1].	MJ Stubblebine et al. [2016]	Theoretical and Experimental Investigation of the Effects and Limits of using Inorganic Aqueous
------	------------------------------	---



		Solutions to Resist NCG Generation in Aluminum Thermosiphons. PhD thesis in Mechanical Engineering. University of California, UCLA, Los Angeles. https://escholarship.org/uc/item/4nk859pk
[2].	SW Reilly, et al. [2011]	“Use of Inorganic Aqueous Solutions for Passivation of Heat Transfer Devices,” Proceedings of the Tenth International Heat Pipe Symposium, Taipei, Taiwan, pp. 153–157.
[3].	MJ Stubblebine et al. [2019]	A New Method for Evaluating Heat Pipe Fluid Compatibility. Applied Thermal Engineering. 101: 796-803 DOI: 10.1016/J.Applthermaleng.2016.04.020
[4].	MJ Stubblebine et al. [2016]	Theoretical and Experimental Investigation of the Effects and Limits of using Inorganic Aqueous Solutions to Resist NCG Generation in Aluminum Thermosiphons. PhD thesis in Mechanical Engineering. University of California, UCLA, Los Angeles. https://escholarship.org/uc/item/4nk859pk



Projeto 6: PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIAS PARA O SETOR ESPACIAL

Subprojeto 6.4: Projeto Databus – Satélites INPE

6.4.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 6 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE, no Objetivo Específico 6: Desenvolvimento e pesquisa em Engenharia da Radiação Espacial.

O projeto está inserido no TAP 01340.007923/2021-37

Os sistemas espaciais exigem eletrônica que possa operar em um ambiente de alta radiação. Esta radiação pode resultar de partículas aprisionadas no campo magnético da Terra (por exemplo, os cinturões de Van Allen, que afetam satélites na órbita da Terra), os raios cósmicos galácticos, ou prótons de alta energia de eventos solares. Na órbita baixa da Terra, um circuito integrado pode ser exposto a altos níveis de radiação ao longo de sua vida útil, mas na região da Anomalia do Atlântico Sul, no meio dos cinturões de Van Allen, os níveis de exposição podem aumentar para várias centenas de kilorads ou mais.

A Agência Espacial Europeia – ESA desenvolveu o barramento SpaceWire para facilitar a construção de sistemas de manuseio de dados de alto desempenho a bordo, ajudar a reduzir os custos de integração do sistema. Os instrumentos, unidades de processamento, dispositivos de memória de massa e sistemas de telemetria de downlink que utilizam interfaces SpaceWire desenvolvidos para uma missão, podem ser prontamente usados em outra. O projeto tem como foco o desenvolvimento de um protótipo de barramento SpW para ser uma alternativa ao barramento MIL-STD 1553, considerado lento para sistemas de alto desempenho tais como processamento de imagens a bordo, e também devido aos embargos tecnológicos já sofridos pelo Brasil.

Atualmente poucos países detêm a tecnologia de projeto e fabricação de satélites, tanto operacionais como científicos e ou de demonstração tecnológica. O projeto tem como objetivo dotar o Brasil de tecnologias estratégicas, essenciais para um programa espacial autônomo.

6.4.2 - Objetivo Geral

O objetivo geral é o desenvolvimento do ciclo completo (missão, projeto, construção, teste e controle orbital) de plataformas espaciais (satélites e sondas) e suas cargas úteis (subsistemas e equipamentos) para vários tipos de missões, visando dotar o país de capacidade própria no desenvolvimento de sistemas espaciais com uso de novas tecnologias, abrangendo os dois segmentos, espacial e solo.

Objetivo Específico 6: Desenvolvimento e pesquisa em Engenharia da Radiação Espacial.

OE6.1- Desenvolver um Barramento de Dados de Alta Velocidade Embarcado para Satélites LEO do sistema de controle (ACDH), resistente à radiação.

Para atingir o OE6.1 serão realizadas as seguintes atividades:

OE6.1.1 - Desenvolvimento de software SpaceWire para Satélite

OE6.1.2 - Desenvolvimento de hardware Spacewire para Satélite

6.4.3 - Insumos

6.4.3.1 – Custeio

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

6.4.3.2 – Bolsas

O projeto necessita de um profissional com formação em engenharia eletroeletrônica ou Física com conhecimento de eletrônica analógica e digital sendo um profissional com capacitação para desenvolver procedimentos e efetuar testes em laboratório de circuitos eletrônicos e componentes eletrônicos.

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/ nível	Meses	Quant
6.4.1	Profissional com diploma de nível superior em Engenharia Elétrica, Eletrônica, Computação, Mecatrônica ou áreas afins, com experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação	Profissional experiência em projetos eletrônicos, inglês intermediário e desejável experiência em eletrônica digital e analógica, conhecimento de microcontroladores, linguagem VHDL e MathLab	1	D-D	4	1*

* Em havendo **disponibilidade de recursos para o subprojeto**, poder-se-á chamar os candidatos subsequentes da lista de classificação.

6.4.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2023	2024	2025	2026	2027
1- Desenvolver software do Barramento de alta velocidade SpaceWire em satélite.	6.1.1	N.o de Artigos N.o de Relatórios Técnicos Valor executado de bolsas para a fase N.o de documentos	Planejar testes dos algoritmos a serem implementados				
2- Desenvolver hardware do Barramento de alta velocidade SpaceWire em satélite.	6.1.2	N.o de Artigos N.o de Relatórios Técnicos Valor executado de bolsas para a fase N.o de documentos N.o de Esquemas elétricos	Estudar projeto de hardware necessário para o barramento				

6.4.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre									
	2023		2024		2025		2026		2027	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Desenvolver software e hardware Barramento de alta velocidade SpaceWire em satélite.										
1.1 Concepção e projeto – Software e Hardware Bus SpW		x								
1.2 Concepção e projeto Barramento de Dados de Alta Velocidade			x							
1.3 Software de Controle e Operação do Hardware										
Subsistema										
2.1 Integração do Hardware										
2.2 Validação e Testes dos algoritmos e controles do Modelo integrado										
2.3 Validação e testes do subsistema										

6.4.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2023	2024	2025	2026	2027
1. Software de barramento de dados	6.1.1	Documentação de projeto	Out-Dez	Jan			
2. Hardware funcional de barramento SpaceWire	6.1.2	Documentação de projeto	Out-Dez	Jan			

6.4.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas %				
			2023	2024	2025	2026	2027
1- Capacitação tecnológica	6.1.1; 6.1.2	Novos projetos	5	2			
2- Cargas úteis científicas	6.1.1; 6.1.2	Novos projetos	5	2			
3- Processos inovadores	6.1.1; 6.1.2	Validação	5	2			
4- Independência tecnológica	6.1.1; 6.1.2	Domínio do ciclo completo de projeto de barramento de alta velocidade de satélite	5	2			



5- Produtos para a sociedade	6.1.1; 6.1.2	Processamento on-board permitindo a geração de novas informações do território brasileiro para planejamento e controle.	5	2			
6- Produção Intelectual	6.1.1; 6.1.2	Numero de artigos aceitos e Relatórios Técnicos realizados	5	2			

6.4.8 - Recursos Solicitados

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			
	C	3.380,00			
	D	2.860,00	4	1*	11440,00
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					11440,00

* Em havendo **disponibilidade de recursos para o subprojeto**, poder-se-á chamar os candidatos subsequentes da lista de classificação.

6.4.9 - Equipe do Projeto

Silvio Manea
 Marcio Fialho
 Ana Paula Rabello

6.4.10 - Referências Bibliográficas

- [1] Wertz, J. R; Spacecraft Attitude Determination and Control, D. Reidel Publishing , Dordrecht, Holand, 1978.
 [2] Wertz, J. R; Larson, W..J.; Space Mission Analysis and Design, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holand, 1991.
 [3] Parker S., SpaceWire User´s Guide – Star-Dundee



Projeto 6: PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIAS PARA O SETOR ESPACIAL

Subprojeto 6.5: Desenvolvimento de válvula solenoide para aplicação em propulsores de CubeSat

6.5.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 6 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE.

Este subprojeto é alinhado com o Objetivo Específico 3 do Projeto 6, uma vez que se trata do desenvolvimento de tecnologia inovadora no país na área de sistemas propulsivos.

6.5.2 - Objetivo Geral

Ter um projeto da válvula solenoide para aplicação em propulsores de CubeSat. Preparar um profissional na área de projeto dos sistemas propulsivos para pequenos satélites, que possa operar equipamentos e manter capacidade operacional do laboratório de propulsão de testes a frio e com isso colaborar no projeto relacionado com TAP com número de processo 01340.003218/2021-61.

Para atingir o Objetivo Geral deste projeto, serão realizados os seguintes objetivos específicos:

OE1) Familiarização com estrutura e tipos de modelos de válvulas solenoides em geral;
OE2) Realizar os cálculos para determinação das principais características das válvulas solenoides;

a). Calcular e achar parâmetros principais do solenoide;

b). Calcular e achar parâmetros principais da parte hidráulica da válvula;

OE3) A partir dos dados obtidos no OE2 elaborar projeto da válvula;

OE4) Elaborar os desenhos técnicos para fabricação da válvula;

6.5.3 - Insumos

6.5.3.1 – Custeio

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

6.5.3.2 – Bolsas

O projeto necessita de um profissional com formação em Engenharia Mecânica, Aeronáutica, Física ou nas áreas afins com interesse de trabalhar com projetos de subsistemas propulsivos.

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/ nível	Meses	Quant
6.5.1	Profissional com formação em Engenharia Mecânica, Física 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.	Aeroespacial	OE1 a OE4	DB	4	1

6.5.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2023
1.Projeto da parte hidráulica. 2.Projeto da parte eletromagnética. 3.Elaboração de desenhos técnicos.	1, 2, 3, 4,5	Relatórios Técnicos Desenhos mecânicos	1. Calculo completo do fluxo com cargas hidráulicas. 2. Calculo da bobina e força electromagnética. 3. Desenhos técnicos da válvula.

6.5.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	2023/2024			
	10/2023	11/2023	12/2023	01/2023
1				
2				
3				

6.5.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			10/2023	11/2023	12/2023	01/2023
Válvula	1,2,3,4	Documentação de projeto				

6.5.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			10/2023	11/2023	12/2023	01/2023
Válvula solenoide	1,2,3,4	Projeto da válvula				

6.5.8 - 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			
	B	4.160,00	4	1	16.640,00
	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\$)					16.640,00

6.5.9 - Equipe do Projeto

Dr. Roman Ivanovitch Savonov – DIMEC/CGCE/INPE

Projeto 6: PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIAS PARA O SETOR ESPACIAL

Subprojeto 6.6: Proposta de desenvolvimento de uma nova geração de PCDU (Power Conditioning and Distribution Unit) para satélites brasileiros

6.6.1 – Introdução

O sistema de suprimento de energia é parte vital para funcionamento de qualquer satélite. Dentre suas diversas funções, destaca-se a Unidade de Condicionamento e Distribuição de Potência, cuja sigla PCDU deriva da expressão em inglês: Power Conditioning and Distribution Unit [1].

A situação atual dos satélites brasileiros desenvolvidos no INPE tem no programa CBERS uma PCDU totalmente projetada, fabricada e testada no Brasil, com amplo histórico de sucesso em voo, já demonstrado nas missões CBERS1, 2, 2B e 4, enquanto a missão Amazônia (baseada na PMM), depende atualmente de importação de fornecedor europeu para esse tipo de funcionalidade.

Dentre as novas diretrizes do programa espacial brasileiro, destaca-se que as futuras missões terão requisitos cada vez mais exigentes quanto à redução de massa e volume dos equipamentos, uma vez que lançadores menores e de mais baixo custo serão utilizados, conforme já assinalado no contexto de possíveis futuras missões CBERS. Tendo em vista que o sistema de suprimento de energia é responsável por um grande percentual da massa total de um satélite, torna-se mandatória a otimização do atual projeto nacional de suprimento de energia.

Este subprojeto consta no Projeto 6 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023 (OE 18 e OE 19), número 400077/2022-1, disponível na página do INPE. Está relacionado ao Termo de Abertura de Projeto – TAP 01340.003599/2021-88

6.6.2 - Objetivo Geral

Eliminar a dependência de importação de equipamentos PCDU para missões baseadas na PMM (Plataforma Multi-Missão) e projetar uma nova geração de equipamento que atenda aos novos requisitos de redução de massa e volume que serão impostos por futuros lançadores, tanto do programa CBERS quanto para quaisquer futuras missões a serem concebidas.

Objetivo Específico 1: Projeto e fabricação de um modelo de engenharia de uma nova PCDU, cujas características principais devem ser a flexibilidade de se adaptar a qualquer missão, ser customizável para diversos níveis de potência e ter massa e volume reduzidos para atender aos novos requisitos.

A proposta da nova PCDU mantém os atributos já existentes na solução adotada nos satélites CBERS, ou seja, flexibilidade e customização para vários tipos de missão. Isso é realizado por meio do conceito de modularidade, em que módulos idênticos são acrescentados ou retirados de acordo com a potência demandada por determinada missão. Além disso, a modularidade permite o reuso do projeto de módulo já existente, diminuindo o custo de fabricação de novos sistemas ao mesmo tempo em que permite atender a uma ampla faixa de missões.

O novo projeto propõe uma inovação tecnológica em relação ao atual projeto de suprimento de energia adotado no CBERS. O projeto se divide em 4 partes principais: a PCU (Power Conditioning Unit); a PDU (Power Distribution Unit); a Unidade de comunicação e controle; o equipamento de testes automatizados. A PCU terá capacidade de condicionamento de 6 canais de painel solar, de 8A de capacidade de corrente cada. A PDU possuirá canais de distribuição de energia, com proteção eletrônica realizada através de chaves LCL. A unidade de comunicação e controle realizará o gerenciamento de todas as funcionalidades da PCDU além de disponibilizar um barramento para a comunicação com o computador de bordo do satélite, interface essa que servirá de meio para a troca de telecomandos e telemetrias. O equipamento de testes automatizados será o responsável por todos os testes funcionais da nova PCDU. As atividades necessárias para se atingir esse objetivo estão listadas no item 1.5

6.6.3 - Insumos

6.6.3.1 – Custeio



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

6.6.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/ nível	Meses	Quant
6.6.1	Profissional formado em Engenharia Elétrica/Eletrônica 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.	Participação no desenvolvimento de layout de placas de circuito impresso, montagem de componentes eletrônicos e testes de bancada. Conhecimentos em eletrônica de potência, programação de microcontrolador e Labview.	1	D-B	04	1

6.6.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			2023			2024
			out	nov	dez	jan
Projeto elétrico do Módulo de distribuição	Projetar as placas de circuito impresso e especificar os componentes	Conclusão dos documentos de projeto elétrico			X	
Montagem das placas de circuito	Obter o circuito físico	Conclusão da montagem das placas				X
Testes das placas	Verificar o funcionamento das placas individualmente	Finalização dos testes individuais				X
Projeto mecânico do Módulo de distribuição	Obter o encapsulamento do equipamento	Montagem final do equipamento				X
Testes do módulo de distribuição	Verificar o funcionamento do equipamento completo	Conclusão dos testes funcionais completos				X

6.6.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre			
	2023			2024
	out	nov	dez	jan
Projeto elétrico do Módulo de distribuição		X		



Montagem das placas de circuito			X	
Testes das placas			X	
Projeto mecânico do Módulo de distribuição				X
Testes do módulo de distribuição				X

6.6.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			Jan/2024			
Módulo de distribuição de energia	Ver item 1.3	Entrega do módulo testado	Projeto elétrico do módulo finalizado.			

6.6.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			Out/24	Nov/24	Dez/24	Jan/24
Incremento na capacitação e independência tecnológica	Ver item 1.3	Projeto elétrico, módulo testado, registros de testes	25	25	25	25

6.6.8 - Recursos Solicitados

6.6.8.1 - 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\$)	

6.6.8.2 - Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00	04	1	16.640,00
	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\$)					16.640,00

6.6.9 - Equipe do Projeto

Agnaldo Vieira Dias

6.6.10 - Referências Bibliográficas

[1] Wertz, J. R; Larson, W..J.; Space Mission Analysis and Design, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holand, 1991



Projeto 7: CENTROS REGIONAIS DO INPE

Subprojeto 7.1: Geotecnologias Aplicadas à Análise da Dinâmica dos Espelhos d'Água, Uso e Ocupação do Solo no Bioma Caatinga e Nordeste Brasileiro

7.1.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 7 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE.

A Caatinga, único bioma de exclusividade brasileira, detém a maior biodiversidade entre as regiões semiáridas do planeta, ocupando uma área de aproximadamente 844.453 km², equivalente a 11% do território nacional. Predominante na região Nordeste do Brasil, a Caatinga abrange os nove estados nordestinos, Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Piauí e Sergipe, e se estende até o norte de Minas Gerais.

Caatinga, que significa “mata branca”, na língua indígena, deve-se à aparência das árvores quando perdem suas folhas durante o longo período de estiagem. Caracterizada pelo clima de baixa umidade, pouco volume pluviométrico, e de temperaturas elevadas. E apresentando vegetação desde arbórea-arbustiva, cactáceas, bromeliáceas e estrato herbáceo abundante quando em período chuvoso.

Apesar de sua relevante importância, o bioma Caatinga tem sido seriamente ameaçado pelas práticas inadequadas de uso e ocupação do solo, dentre elas, práticas agrícolas e pastoris, queimadas, extração ilegal de madeira, uso de lenha não manejada, olarias e polos gesseiros que ao longo do tempo vem contribuindo para ampliação do processo de degradação ambiental.

A vegetação, por sua vez, é um dos componentes mais importantes da biota, na medida em que seu estado de conservação e de continuidade definem a existência ou não de habitat para as espécies, a manutenção de serviços ambientais ou mesmo o fornecimento de bens essenciais à sobrevivência de populações humanas (MMA, 2007).

Dessa maneira, o uso combinado das geotecnologias tem se mostrado como ferramenta indispensável para a compreensão dos fenômenos ambientais, tal como em estudos relacionados ao mapeamento do uso e ocupação do solo, possibilitando aos pesquisadores aplicação do conhecimento através de formas de organização do espaço mediante suas transformações.

Neste contexto, o referido subprojeto tem por finalidade, através do uso de Sensoriamento Remoto e do Processamento Digital de Imagens em Sistema de Informação Geográfica (SIG) realizar e disponibilizar o mapeamento da distribuição espacial e temporal do uso e ocupação do solo do bioma Caatinga, com ênfase na identificação da presença da vegetação através da aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI).

Nos últimos anos, em meio à seca e a crise hídrica que afetou várias regiões do Brasil, em particular a região semiárida, os reservatórios vêm sendo constantemente monitorados.

As reservas hídricas superficiais são um recurso natural essencial para as sociedades, além de atuar no funcionamento e manutenção de vários processos biogeoquímicos do planeta Terra. No contexto da gestão dos recursos hídricos, os espelhos d'água podem ser interpretados como sendo às superfícies contínuas de água de um corpo hídrico exposta à atmosfera, correspondendo, em geral, à área ocupada por esse corpo d'água, seja um lago, lagoa, açude, reservatório de barragem etc. (ANA, 2013).

Dentro do aspecto da importância dos recursos hídricos, as águas doces superficiais constituem uma pequena fração dos recursos hídricos existentes no planeta. Entretanto, o seu valor econômico e social para as populações humanas é inestimável, considerando que estas águas são as mais acessíveis. Além disso, podemos dizer que as águas doces superficiais fornecem uma diversidade de serviços ecossistêmicos abrangentes para toda a vida (POSTEL et al., 1996; PEKEL et al., 2016).

Os reservatórios desempenham um serviço fundamental na acumulação da água proveniente dos períodos chuvosos ou de maior vazão dos corpos hídricos, em diversas regiões hidrográficas (ANA, 2013). Porém, as precipitações abaixo da média e os eventos de seca extrema observada nos últimos anos (CUNHA et al., 2019), resultaram em uma crise hídrica que afetou substancialmente várias regiões do Brasil e, em particular, a região semiárida no período de 2012 a 2017.

No semiárido, a dinâmica hidro ambiental de incerteza e irregularidade das precipitações, o baixo potencial em disponibilidade de águas subterrâneas e a intermitência dos rios levaram à criação de uma infraestrutura hídrica de aproximadamente 70 mil reservatórios de usos múltiplos, conhecidos localmente como açudes, visando garantir a segurança hídrica da região mais açudada do mundo (ANA, 2013).

Nesse sentido, o Sensoriamento Remoto oferece uma gama de alternativas para a observação contínua deste recurso natural, permitindo diversas aplicações, como a detecção, o mapeamento, e a caracterização bio-óptica dos corpos d'água em larga escala (BARBOSA; NOVO; MARTINS, 2019). Desse modo, as medições por satélite e outras plataformas também são uma fonte de informações para permitir o mapeamento das águas superficiais do ecossistema aquático em planícies de inundação, rios, canais, lagos e reservatórios (SOUZA et al., 2019).

Devido ao efeito da absorção de luz, os corpos d'água têm uma refletância espectral relativamente menor do que outros alvos de superfície no espectro visível e infravermelho, tornando os corpos d'água facilmente detectáveis (YAN et al., 2019). Assim, várias são as técnicas de Sensoriamento Remoto para a identificação de corpos d'água (ELSAHABI et al., 2016). Esse conjunto de possibilidades abrange desde o uso de vários índices espectrais (DU et al., 2016); e tipos de sensores, sejam eles ativos (PHAM-DUC et al., 2017) e/ou passivos (MUELLER et al., 2016); de diferentes resoluções espaciais (CHEN et al., 2018), espectrais e temporais (COOLEY et al., 2017).

Assim, em virtude do número elevado de reservatórios existentes no Nordeste Brasileiro e diante da relevância dos recursos hídricos para o desenvolvimento socioeconômico, o propósito deste projeto será mapear e analisar, por meio de Sensoriamento Remoto, a dinâmica dos espelhos d'água dos principais reservatórios do Nordeste, compreendendo os anos de 2018 até 2023.

O projeto fará uso de imagens do satélite Landsat 8, onde daremos continuidade ao mapeamento da dinâmica dos espelhos d'água dos principais reservatórios do Nordeste, utilizando a plataforma do Google Earth Engine (GEE), uma avançada plataforma de processamento geoespacial baseada em nuvem, feita principalmente para análises de dados ambientais em escala planetária (big data); assim como o QGis, um Sistema de Informação Geográfica (SIG) livre e gratuito de visualização, edição e análise de dados.

As atividades desenvolvidas no mapeamento e geração de bases cartográficas pelo COENE-INPE, reforçam a importância do projeto na prestação de serviços para a sociedade por meio da divulgação de informações relevantes sobre a situação atual das reservas hídricas superficiais.

Nesse contexto, o projeto já disponibilizou mais de 250 mapas dos principais reservatórios do semiárido, sendo 67 no estado do Ceará, 40 na Paraíba, 38 em Pernambuco, 34 na Bahia, 27 no Rio Grande do Norte, 21 no Piauí, 6 em Sergipe, 4 em Alagoas e 1 no Maranhão. Atualmente, o grupo de geoprocessamento está desenvolvendo projetos ligados ao monitoramento de recursos hídricos e zoneamento geoambiental, com produção de mapas de uso e ocupação do solo.

Dessa forma, os resultados podem ter diversos usos potenciais nas políticas e planejamento de abastecimento, auxiliando na tomada de decisão, no gerenciamento e no uso sustentável das águas. Tais informações são extremamente importantes para o planejamento e a gestão ambiental dos recursos hídricos, sob a perspectiva de fomentar políticas de abastecimento e, com isso, ampliar a capacidade de enfrentar problemas relacionados à segurança hídrica.

7.1.2 - Objetivo Geral

Analisar a dinâmica de uso e ocupação do solo no bioma Caatinga por meio da aplicação de geotecnologias, como o uso de sensoriamento remoto e da plataforma de processamento de dados em nuvem Google Earth Engine. Realizar o mapeamento da dinâmica dos espelhos d'água dos principais reservatórios do Nordeste por meio de Sensoriamento Remoto.

O projeto visa ampliar o conhecimento sobre: (1) o bioma Caatinga através de disponibilização de mapas temáticos de uso e ocupação do solo por municípios inseridos dentro dos limites deste bioma; (2) a situação atual das reservas hídricas superficiais através da disponibilização de mapas temáticos, geração de bases cartográficas e monitoramento de recursos hídricos e zoneamento geo-ambiental com produção de mapas de uso e ocupação do



solo.

Para atingir o Objetivo Geral deste projeto, serão realizados os seguintes objetivos específicos:

Objetivo Específico 1 – Realizar pesquisa bibliográfica para embasamento teórico acerca dos temas a serem trabalhados no projeto;

Objetivo Específico 2 - Definir áreas de interesse para aplicação do estudo;

Objetivo Específico 3 – Selecionar e adquirir imagens do satélite Sentinel-2, com baixa cobertura de nuvens que atendam às necessidades da escala espacial e temporal trabalhada; geração e disponibilização de mapas temáticos em escalas compatíveis com as características dos municípios;

Objetivo Específico 4 - Aplicar a metodologia utilizada para mapeamento do uso e ocupação do solo do bioma Caatinga, considerando as potencialidades e limitações existentes; atividades de campo com o intuito de analisar os principais impactos ambientais e o uso e ocupação da área de estudo. Essa interação será através de discussões com as comunidades envolvidas acerca dos fatores que poderiam intensificar o risco geoambiental existente e que ações mitigadoras poderiam ser exigidas para o poder público, com o objetivo da resolução da problemática em questão;

Objetivo Específico 5 – Utilizar métodos computacionais de geoprocessamento e sensoriamento remoto, em ambiente de programação em nuvem do Google Earth Engine, para aquisição, interpretação e classificação das imagens selecionadas, com vistas a minimizar a influência dos fatores que compõem a atmosfera terrestre; monitorar os espelhos d'água dos principais reservatórios do Nordeste;

Objetivo Específico 6 - Realizar classificação supervisionada baseada em pixel utilizando o *machine learning* com o classificador *Random Forest* das áreas de estudo; analisar os fatores geoambientais associados à degradação das reservas hídricas superficiais

Objetivo Específico 7 - Aplicar os índices espectrais NDVI, SAVI e BSI de forma a auxiliar no processo de classificação e realçar aspectos de interesse, como a vegetação; interação com as comunidades envolvidas através de discussões, aplicação de questionários e divulgação de resultados

Objetivo Específico 8 - Avaliar a precisão da classificação através da matriz de confusão e índice Kappa; identificação e criação de uma base georreferenciada das áreas de risco geológico-geotécnico na Região Nordeste do Brasil. Os mapas, face ao processo que serão submetidos para sua elaboração, vão permitir agilidade e manutenção sistemática da informação mapeada, esperando-se que a utilização destes mapas, com informações atualizadas de meio ambiente, possa servir para o monitoramento ambiental a nível municipal.

Objetivo Específico 9 - Mapear e espacializar o uso e ocupação do solo das áreas selecionadas; executar a análise geoambiental da área de estudo, para tanto, a pesquisa utilizará dados e informações antigos e atuais, e aplicará técnicas modernas e ferramentas de geoprocessamento, detectando e mensurando os principais problemas ou impactos ambientais existentes na área de estudo

Objetivo Específico 10 - Disponibilizar mapas para a sociedade por meio do sítio institucional, bem como difundir resultados por meio de publicações em periódicos científicos e/ou eventos; consolidação do Grupo de Geoprocessamento na Coordenação Espacial do Nordeste com foco na Produção de Mapas Municipais Geoambientais e a consequente disponibilidade adequada de recursos humanos na área da geoinformação

7.1.3 - Insumos

7.1.3.1 – Custeio



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

7.1.3.2 – Bolsas

O projeto necessita de um profissional com seguinte formação:

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quant
7.1.1	Profissional com 5 (cinco) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior em Geografia, Tecnologia da Informação, Gestão Ambiental, Engenharia Ambiental ou áreas afins, ou com grau de mestre	Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto e, Sistemas de Informação Geográfica	1 a 10	DC	4	1

7.1.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
1. Reconhecer áreas de estudo por meio de geotecnologias	1 e 2	Áreas definidas e reconhecidas.	Realizar reconhecimento da área de estudo por meio de levantamento bibliográfico e visitas a campo para observação in loco dos aspectos ambientais, e verificação da realidade terrestre	
2. Realizar levantamento preliminar dos principais impactos ambientais verificados em campo	2	Levantamento preliminar Realizado.	Levantamento preliminar dos principais impactos ambientais verificados em campo	
3. Utilizar imagens do Satélite Sentinel-2	3	Imagens selecionadas.	Selecionar imagens do satélite Sentinel-2 com baixa cobertura de nuvens da estação seca.	Selecionar imagens do satélite Sentinel-2 com baixa cobertura de nuvens da estação seca.

4. Aplicar metodologia	4	Utilizar a plataforma de processamento em nuvem do Google Earth Engine Code.	Utilizar sensoriamento remoto e classificação supervisionada baseada em pixel;	Utilizar sensoriamento remoto e classificação supervisionada baseada em pixel;
5. Classificar e espacializar a cobertura vegetal da área de estudo	4, 5 e 6	Cobertura vegetal especializada.	Uso do <i>Machine Learning</i> com classificador <i>Random Forest</i> ; Espacialização da cobertura vegetal da área de estudo.	Uso do <i>Machine Learning</i> com classificador <i>Random Forest</i> ; Espacialização da cobertura vegetal da área de estudo.
6. Gerar índices espectrais da vegetação.	6	<i>Normalized Difference Vegetation Index</i> (NDVI), <i>Soil Adjusted Vegetation Index</i> (SAVI) e <i>Bare Soil Index</i> (BSI) gerados.	Auxiliar no processo de classificação e realçar aspectos de interesse na imagem em estudo.	Auxiliar no processo de classificação e realçar aspectos de interesse na imagem em estudo.
7. Avaliar a Precisão da Classificação de Imagens	5, 6, 7 e 8	Avaliar a exatidão da classificação a partir do cruzamento de informações geradas pela classificação com as amostras de validação.	Gerar a Matriz de confusão e índice Kappa.	Gerar a Matriz de confusão e índice Kappa.
8. Mapear o atual uso e ocupação do solo das áreas de estudo.	9 e 10	Áreas de estudo mapeadas.		Mapear o atual uso e ocupação da área de estudo, destacando a cobertura vegetal e as áreas de preservação ambiental instituídas na legislação vigente
9. Analisar os fatores geoambientais associados à degradação das reservas hídricas superficiais.	6, 7, 8, 9 e 10	Banco de dados dos fatores geoambientais associados à degradação das reservas hídricas superficiais.	Criar cartas dos fatores geoambientais associados à degradação das reservas hídricas superficiais.	Criar cartas dos fatores geoambientais associados à degradação das reservas hídricas superficiais.

7.1.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre				
	2023	2024	2025	2026	2027

	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1. Reconhecer áreas de estudo por meio de geotecnologias.										
2. Realizar levantamento preliminar dos principais impactos ambientais verificados em campo.										
3. Utilizar imagens do Satélite Sentinel-2.										
4. Aplicar metodologia										
5. Classificar e espacializar a cobertura vegetal das áreas de estudo.										
6. Gerar índices espectrais da vegetação.										
7. Avaliar a precisão da classificação de imagens.										
8. Mapear o atual uso e ocupação do solo das áreas de estudo.										
9. Analisar os fatores geoambientais associados à degradação da das reservas hídricas superficiais.										

7.1.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Mapeamento da dinâmica de uso e ocupação do solo em áreas de estudo pertencentes ao bioma Caatinga	1 a 10	Disponibilizar a plataforma de mapas gerados automáticos e; Publicação em congressos e/ou revistas científicas.	Cobertura vegetal classificada e espacializada das áreas de estudo; Índices de Vegetação NDVI, SAVI e BSI das áreas de estudo e; Uso e ocupação da áreas de estudo mapeadas, destacando a cobertura vegetal, e as áreas de preservação ambiental instituídas na legislação vigente.	Uso e ocupação das áreas de estudo mapeadas, destacando a cobertura vegetal, e as áreas de preservação ambiental instituídas na legislação vigente.

Publicação de mapas do monitoramento dos espelhos d'água dos principais reservatórios do Nordeste; e Geração e Disponibilização de Mapas Temáticos em escalas compatíveis com as características dos municípios	1, 2, 3, 4 e 5	Número de mapas elaborados e publicação de artigos	Publicação de dois artigos em simpósio ou revista	Geração e Disponibilização de Mapas Temáticos em escalas compatíveis com as características dos municípios
Criar cartas dos fatores geoambientais associados à degradação das reservas hídricas superficiais.	6, 7, 8, 9 e 10	Número de mapas elaborados e publicação de artigos	Criar cartas de suscetibilidade a ocorrência de processos geo-hidrodinâmicos	Publicação de dois artigos em simpósio ou revista

7.1.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Geração e disponibilização de mapas temáticos do bioma Caatinga.	1 a 10	Mapas utilizados para monitoramento e controle da região da Caatinga; Mapas utilizados para pesquisa e desenvolvimento e; Artigos com os resultados publicados.	Cobertura vegetal das áreas de estudo; Índices de Vegetação NDVI, SAVI e BSI das áreas de estudo com correção Atmosférica; Mapas de Uso e Ocupação do Solo das áreas de estudo mapeadas e; Publicação de artigos.	Mapas de Uso e Ocupação do Solo das áreas de estudo mapeadas e; Publicação de artigos.
Geração e disponibilização de mapas	1 a 10	Número de downloads e ou acessos aos Mapas e cartas imagem	Aumentar o volume de acesso aos dados	Solicitações de produtos
Citações dos artigos publicados	1 a 10	Citação dos artigos	Citação do artigo pelo menos 1 vez	Citação do artigo pelo menos 1 vez

7.1.8 - 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			
	B	4.160,00			
	C	3.380,00	4	1	13.520,00
	D	2.860,00			
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					13.520,00

7.1.9 - Equipe do Projeto

Melquisedec Medeiros Moreira (Servidor)
Kátia Alves Arraes (Servidora)
Bolsista PIBIC - Leandro Magno dos Santos Filho

7.1.10 - Referências Bibliográficas

ALMEIDA, S. A. S.; FRANÇA, R. S.; CUELLAR, M. Z. Uso e Ocupação do Solo no Bioma Caatinga no Estado do Rio Grande do Norte. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal - RN. Brasil. p. 555-5561, 25 a 30 de abril de 2009.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Atlas Geográfico de Recursos Hídricos do Brasil**, 2013. Disponível em: <http://portal1.snirh.gov.br/arquivos/atlasrh2013/4-II-TEXTO.pdf>. Acesso em: 20 out. 2021.

BARBOSA, C. C. F.; NOVO, E. M. L.; MARTINS, V. S. **Introdução ao Sensoriamento Remoto de Sistemas Aquáticos: princípios e aplicações**. 1. ed. São José dos Campos. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2019. 161p. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/labisa/livro/res/conteudo.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2022.

BRASIL. (2012). Lei Federal n.º 12.651 de 2012. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 28 maio. 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acesso em: 10 de abril 2019.

CHEN, Y.; FAN, R.; YANG, X.; WANG, J.; LATIF, A. Extraction of Urban Water Bodies from High-Resolution Remote-Sensing Imagery Using Deep Learning. **Water** [online] v. 10, n. 5, p. 585, 1 maio 2018. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/w10050585>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/10/5/585>. Acesso em: 10 out. 2021.



COOLEY, S.; SMITH, L.; STEPAN, L.; MASCARO, J. Tracking Dynamic Northern Surface Water Changes with High-Frequency Planet CubeSat Imagery. **Remote Sensing** [online] v. 9, n. 12, p. 1306, 2017. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/rs9121306>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/9/12/1306>. Acesso em: 22 out. 2021.

CUNHA, A. P. M. A.; ZERI, M.; LEAL, K. D.; COSTA, L.; CUARTAS, L. A.; MARENGO, J. A.; TOMASELLA, J.; VIEIRA, R. M.; BARBOSA, A. A.; CUNNINGHAM, C.; GARCIA, J. V. C.; BROEDEL, E.; ALVALÁ, R.; RIBEIRO-NETO, G. Extreme Drought Events over Brazil from 2011 to 2019. **Atmosphere**, [S.L.], v. 10, n. 11, p. 1-20, 2019. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/atmos10110642>. 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4433/10/11/642>. Acesso em: 28 abr. 2021.

DU, Y.; ZHANG, Y.; LING, F.; WANG, Q.; LI, W.; LI, X. Water Bodies' Mapping from Sentinel-2 Imagery with Modified Normalized Difference Water Index at 10-m Spatial Resolution Produced by Sharpening the SWIR Band. **Remote Sensing**, [online] v. 8, n. 4, p. 354, 22 abr. 2016. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/rs8040354>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/8/4/354>. Acesso em: 28 out. 2021.

ELSAHABI, M.; NEGM, A.; TAHAN, A. H. M. H. E. Performances Evaluation of Surface Water Areas Extraction Techniques Using Landsat ETM+ Data: Case Study Aswan High Dam Lake (AHDL). **Procedia Technology** [online] S.L.], v. 22, p. 1205-1212, 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.protcy.2016.02.001>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212017316001778?via%3Dihub>. Acesso em: 18 set. 2021.

GARIGLIO, M. A. et al. (Org.). Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. Disponível em: . Acesso em: 25 mar. 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual Técnico de Uso da Terra. 3 ed. Rio de Janeiro: 2013. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf>>. Acesso em: 14 nov. 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. 2 ed. Rio de Janeiro: 2012. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv63011.pdf>> . Acesso em: 14 nov. 2019.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Mudanças Climáticas Globais e o Impacto no Bioma Caatinga INPE, 2008.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Caatinga. Brasília: MMA, 2016. Disponível: <<https://www.mma.gov.br/biomas/caatinga.html>>. Acesso em: 08 jun. 2019.

MMA. (2007). Portaria nº 09, de 23 de janeiro de 2007. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 24 jan. 2007. Seção 1, p. 55.

MOREIRA, M. M. Mapeamento Geotécnico do Município de Natal-RN e Áreas Adjacentes. 1996. 148 p. Dissertação (Mestrado em Geotecnia), Universidade de Brasília-UnB, Brasília-DF, 1996.

MOREIRA, M. M. Mapeamento Geotécnico e Reconhecimento dos Recursos Hídricos e do Saneamento da Área Urbana do Município de Natal-RN: Subsídios para o Plano Diretor. 2002. 282 p. Tese (Doutorado), Universidade de Brasília-UnB, Brasília-DF, 2002.

MOREIRA, M. M.; SOUZA, N. M.; CUELLAR, M. D. Z.; ARRAES, K. A. Carta Geotécnica de suscetibilidade a processos geoambientais e risco potencial a escorregamentos de terra e eventos destrutivos de natureza hidrogeológica no Município de Natal-RN: Contribuição às Políticas Públicas. In: XIX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2016, Campinas, SP. Anais... Campinas, SP: CABAS, 2016.



MOREIRA, M. M.; de SOUZA, N. M.; ARRAES, K. A. Aquitardo Potengi-Barreiras da área urbana do município de Natal-RN: Suscetibilidade e risco potencial de deslizamentos, alagamentos e inundações. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 17, 2022, Belo Horizonte. Anais... São Paulo, SP: ABGE, 2022. ID: 53. Disponível em: <https://schenautomacao.com.br/cbge2022/anais/trabalhos.php>. Acesso em 23 jan. 2023.

MOREIRA, M. M.; de SOUZA, N. M.; ARRAES, K. A. Cartografia Geotécnica Digital para o Planejamento Urbano do Município de Natal – RN. In: VIII CONFERÊNCIA BRASILEIRA SOBRE ESTABILIDADE DE ENCOSTAS, 2022, Porto de Galinhas, PE. Anais... Porto de Galinhas, PE: COBRAE, 2022.

PEKEL, J. F.; COTTAM, A.; GORELICK, N.; BELWARD, A. S. High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. **Nature** [online] v. 540, n. 7633, p. 418-422, 7 dez. 2016. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/nature20584>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nature20584>. Acesso em: 6 ago. 2021.

PHAM-DUC, B.; PRIGENT, C.; AIRES, F. Surface Water Monitoring within Cambodia and the Vietnamese Mekong Delta over a Year, with Sentinel-1 SAR Observations. **Water** [online] v. 9, n. 6, p. 366, 2017. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/w9060366>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/9/6/366>. Acesso em: 3 out. 2021.

POSTEL, S. L.; DAILY, G. C.; EHRlich, P. R. 1996. Human Appropriation of Renewable Fresh Water. **Science** [online] v. 271, n. 5250, p. 785-788, 9 fev. 1996. American Association for the Advancement of Science (AAAS). <http://dx.doi.org/10.1126/science.271.5250.785>. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.271.5250.785>. Acesso em: 26 out. 2021.

SOUZA, C.; KIRCHHOFF, F.; OLIVEIRA, B.; RIBEIRO, J.; SALES, M. 2019. Long-Term Annual Surface Water Change in the Brazilian Amazon Biome: Potential Links with Deforestation, Infrastructure Development and Climate Change. **Water** [online] v. 11, n. 3, p. 566, 19 mar. 2019. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/w11030566>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/11/3/566>. Acesso em: 20 set. 2021.

YAN, W.; SHAKER, A.; LAROCQUE, P. Scan Line Intensity-Elevation Ratio (SLIER): An Airborne LiDAR Ratio Index for Automatic Water Surface Mapping. **Remote Sensing** [online], v. 11, n. 7, p. 814, 4 abr. 2019. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/rs11070814>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/11/7/814>. Acesso em: 25 set. 2021.

Projeto 8: Desenvolvimento de Tecnologias Aplicadas para a Metrologia Espacial do INPE

Subprojeto 8.1: Aprimoramento, manutenção e otimização de processos, procedimentos e métodos na área de Metrologia Espacial

8.1.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 01 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE. Está relacionado ao Termo de Abertura de Projeto – TAP, processo SEI nº 01340.004161/2021-17.

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) é uma unidade de pesquisa do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), sendo o principal órgão civil responsável pelo desenvolvimento das atividades espaciais no país. Sua missão é contribuir para que a sociedade brasileira possa usufruir dos benefícios propiciados pelo contínuo desenvolvimento das Aplicações Espaciais, da Meteorologia e Clima e da Engenharia e Tecnologia Espacial.

O INPE desenvolve atividades específicas de qualificação de produtos que exigem alto grau de confiabilidade, previsões meteorológicas, relatórios e monitoramento de queimadas e desmatamentos e ensaios em produtos espaciais e satélites, dentre outros avanços relacionados ao desenvolvimento das capacidades espaciais do País.

De acordo com seus objetivos estratégicos, a Coordenação de Manufatura Integração e Testes, COMIT / INPE atua constantemente no aprimoramento do Laboratório de Integração e Testes (LIT), uma das principais áreas do INPE, para atender às atividades requeridas pelos satélites brasileiros. Neste contexto, no LIT, local onde o presente projeto será implantado, estão reunidos dentro de uma mesma instalação, todos os meios fundamentais para a sequência completa de montagem, integração e ensaios de satélites. Isso facilita a organização das operações, evitando problemas logísticos e deslocamentos por grandes distâncias. Neste mesmo local, melhorias estão sendo implementadas constantemente a fim de prover e disponibilizar as melhores capacidades para qualificar testes e ensaios de satélites de maior porte (em termos de massa, por exemplo, satélites de até sete toneladas), e maior complexidade tecnológica, categoria, onde se enquadram satélites para aplicações em sistemas de telecomunicações, dentre outros como os aplicados para monitoramento ambiental. Melhorias que conseqüentemente proverão modernizações também para avanços em ensaios e testes de satélites com arquiteturas baseadas em nano-satélites e pico-satélites para aplicações científicas, educacionais e mesmo de uso privado.

Neste cenário, por meio de desenvolvimento e pesquisa aplicada, a Metrologia Espacial vinculada a COMIT, dentro de suas competências, busca prover as melhores soluções em seus serviços visando o melhoramento contínuo de seus sistemas e padrões. Uma das principais missões atribuídas à área de Metrologia Espacial da COMIT é manter a rastreabilidade de grandezas e medidas associadas ao contexto espacial do INPE [1,2]. Com este propósito, a área está organizada atualmente na forma de quatro laboratórios distintos, a saber: Laboratório de Metrologia Física (MTF), Laboratório de Metrologia Mecânica (MTM), Laboratório de Metrologia de Alta Frequência (MTR), e Laboratório de Metrologia Elétrica (MTE), além de contar com uma área dedicada aos Sistemas da Qualidade. Constitui-se, portanto de um conjunto de laboratórios que estão aptos a prover soluções em ensaios e calibrações de grandezas padrões, frente às demandas de rastreabilidade de diversos tipos de mensurando e seus artefatos, associados aos testes de satélites e produtos espaciais da COMIT.

Atualmente, a COMIT mantém seus laboratórios de metrologia acreditados pela Coordenação Geral de Acreditação (Cgcre) do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) sob o nº 0022 (calibração) nas áreas de elétrica, física e mecânica. Tal acreditação reconhece sua competência para realizar calibrações desde 1991, além de assegurar a confiabilidade das medições e ensaios realizados. Complementarmente, os laboratórios de metrologia são reconhecidos pelo ILAC - *International Laboratory Accreditation Cooperation* nas grandezas: eletricidade, tempo e frequência, telecomunicações, força e torque, massa, pressão (vácuo), vibração, acústica, temperatura e umidade.

O projeto de aprimoramento, manutenção e otimização de processos, procedimentos e métodos na área de Metrologia Espacial, abordará aspectos que envolvem melhorias estruturantes na área frente às novas demandas relacionadas à missão institucional do Laboratório de Integração e Testes do INPE. Adicionalmente, o projeto envolve atividades associadas à manutenção das capacidades relacionadas aos padrões “primários” e outros

considerados fundamentais na Área de Metrologia Espacial [1]–[3]. Prospecta-se, portanto, por meio deste projeto contribuir de forma significativa no provimento dos melhores meios e condições para atender as ações de aprimoramentos e melhorias pretendidas, no âmbito das oportunidades de aperfeiçoamento das capacidades da área de metrologia do LIT. Destaca-se que o projeto por meio de seus prospectivos desdobramentos apresenta grande potencial de contribuição para área de Metrologia do LIT, corroborando para o melhor engajamento e alinhamento, no que tange fortalecer a missão de atender às demandas de metrologia espacial do COMIT / INPE, em sua plenitude.

8.1.2 - Objetivo Geral

Beneficiar e possibilitar ao país o acesso a uma infraestrutura capacitada no desenvolvimento de tecnologias para integração e testes de satélites, assim como na avaliação de conformidade de produtos espaciais.

Atender a necessidade do programa espacial brasileiro, atuando em melhorias, manutenção e otimização das capacidades de medição de grandezas na Área de Metrologia Espacial da COMIT.

Objetivos específicos (OE)

Objetivo Específico 1

Investigação dos sistemas e meios existentes e disponíveis e prospectivos para atividades de calibração na Área de Metrologia Espacial.

Objetivo Específico 2

Investigação dos sistemas e meios existentes e disponíveis e prospectivos aplicados em ensaios/testes no LIT, os quais necessitam de rastreabilidade metrológica.

Objetivo Específico 3

Mapeamento de requisitos e prioridades de calibração a serem providos pela Área de Metrologia Espacial, visando ações estruturantes para atendimento da missão institucional do LIT.

Objetivo Específico 4

Análise de requisitos e prioridades de calibração a serem providos pela metrologia espacial, visando ações estruturantes e atendimento de ensaios/testes no LIT.

Objetivo Específico 5

Implementação de ações de aprimoramento e otimização de processos na Área de Metrologia Espacial do LIT, visando atingimento das ações estruturantes propostas.

Objetivo Específico 6

Acompanhamento e análise das ações estruturantes propostas.

Objetivo Específico 7

Desenvolvimento de atividades relacionadas à manutenção das capacidades de calibração, por meio de processos e sistemas considerados primordiais, na Área de Metrologia Espacial.

Objetivo Específico 8

Treinamento da(s) equipe(s) envolvida(s).

Objetivo Específico 9

Documentação geral das atividades desenvolvidas.

8.1.3 - Insumos



8.1.3.1 – Custeio

Finalidade	Item de Custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)
-	-	0,00

8.1.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/ nível	Meses	Quant
8.1.1	Profissional formado em Ciências e Tecnologias Espaciais, Engenharia Elétrica, Eletrônica, Telecomunicações 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 com sensores e atuadores espaciais; sensores e sistemas MEMS; eletromagnetismo aplicado em RF, antenas; materiais absorvedores de radiação eletromagnética (MARE); fotonica integrada e óptica; design assistido por computador (CAD); simulação computacional; Possuir experiência/treinamento com normas ABNT NBR ISO 17025:2017 – Requisitos gerais para competência de laboratórios de ensaios e calibração Norma ABNT ISO 19011:2018 - Diretrizes para Auditoria de Sistemas de Gestão; Possuir experiência em atividades na área de metrologia no contexto espacial, incluindo atividades de melhorias incrementais e de inovação; P&D em calibração de antenas.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9	D-A	04	1*

* Em havendo **disponibilidade de recursos para o subprojeto**, poder-se-á chamar os candidatos subsequentes da lista de classificação.

8.1.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			2023	2024	2025	2026
Investigação dos sistemas e meios existentes e disponíveis e prospectivos para atividades de calibração na Área de Metrologia Espacial.	1	Levantamento de sistemas e meios de calibração executado.	X (4 meses)			

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			2023	2024	2025	2026
Investigação dos sistemas e meios existentes e disponíveis e prospectivos aplicados em ensaios/testes no LIT, os quais necessitam de rastreabilidade metrológica.	2	Levantamento de sistemas e meios de ensaios/testes dependentes de calibração executado.				
Mapeamento de requisitos e prioridades de calibração a serem providos pela Área de Metrologia Espacial, visando ações estruturantes para atendimento da missão institucional do LIT.	3	Requisitos especificados e prioridades identificadas.				
Análise de requisitos e prioridades de calibração a serem providos pela metrologia espacial, visando ações estruturantes e atendimento de ensaios/testes no LIT.	4	Requisitos e prioridades analisadas e definidas.				
Implementação de ações de aprimoramento e otimização de processos na Área de Metrologia Espacial do LIT, visando atingimento das ações estruturantes propostas.	5	Ações estruturantes prioritárias executadas.				
Acompanhamento e análise das ações estruturantes propostas.	6	Relatório.				
Desenvolvimento de atividades relacionadas à manutenção das capacidades de calibração, por meio de processos e sistemas considerados primordiais, na Área de Metrologia Espacial.	7	Meios, processos e métodos disponíveis e operacionais.				
Treinamento da(s) equipe(s) envolvida(s).	8	Equipe capacitada.				
Documentação geral das atividades desenvolvidas.	9	Relatório.				

8.1.5 – Cronograma de Atividades



Atividades	Semestres			
	2023		2024	
	1	2	1	2
Investigação dos sistemas e meios existentes e disponíveis e prospectivos para atividades de calibração na Área de Metrologia Espacial.	-	X	X	
Investigação dos sistemas e meios existentes e disponíveis e prospectivos aplicados em ensaios/testes no LIT, os quais necessitam de rastreabilidade metrológica.				
Mapeamento de requisitos e prioridades de calibração a serem providos pela Área de Metrologia Espacial, visando ações estruturantes para atendimento da missão institucional do LIT.				
Análise de requisitos e prioridades de calibração a serem providos pela metrologia espacial, visando ações estruturantes e atendimento de ensaios/testes no LIT.				
Implementação de ações de aprimoramento e otimização de processos na Área de Metrologia Espacial do LIT, visando atingimento das ações estruturantes propostas.				
Acompanhamento e análise das ações estruturantes propostas.				
Desenvolvimento de atividades relacionadas à manutenção das capacidades de calibração, por meio de processos e sistemas considerados primordiais, na Área de Metrologia Espacial.				
Treinamento da(s) equipe(s) envolvida(s).				
Documentação geral das atividades desenvolvidas.				

8.1.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			2023	2024	2025	2026
Sistemas e meios existentes e disponíveis e prospectivos para atividades de calibração na Área de Metrologia Espacial identificados.	1	Sistemas e meios de calibração identificados.	X (4 meses)			



Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			2023	2024	2025	2026
Investigação dos sistemas e meios existentes e disponíveis e prospectivos aplicados em ensaios/testes no LIT, os quais necessitam de rastreabilidade metrológica identificados.	2	Sistemas e meios de ensaios/testes dependentes de calibração identificados.				
Mapeamento de requisitos e prioridades de calibração a serem providos pela Área de Metrologia Espacial, visando ações estruturantes executado.	3	Requisitos especificados e prioridades mapeadas.				
Análise de requisitos e prioridades de calibração a serem providos pela metrologia espacial, visando ações estruturantes e atendimento de ensaios/testes no LIT finalizada.	4	Análise executada.				
Implementação de ações de aprimoramento e otimização de processos na Área de Metrologia Espacial do LIT, visando atingimento das ações estruturantes propostas realizadas.	5	Ações estruturantes prioritárias desenvolvidas.				
Acompanhamento e análise das ações estruturantes propostas desenvolvida.	6	Relatório.				

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			2023	2024	2025	2026
Desenvolvimento de atividades relacionadas à manutenção das capacidades de calibração, por meio de processos e sistemas considerados primordiais, na Área de Metrologia Espacial concluídas.	7	Meios, processos e métodos disponíveis e operacionais.				
Treinamento da(s) equipe(s) envolvida(s) realizado.	8	Equipe treinada.				
Documentação geral das atividades desenvolvidas finalizada.	9	Relatório.				

8.1.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			2023	2024	2025	2026
Sistemas e meios existentes e disponíveis e prospectivos para atividades de calibração na Área de Metrologia Espacial identificados.	1	Sistemas e meios de calibração identificados.	X (4 meses)			
Investigação dos sistemas e meios existentes e disponíveis e prospectivos aplicados em ensaios/testes no LIT, os quais necessitam de rastreabilidade metrológica identificados.	2	Sistemas e meios de ensaios/testes dependentes de calibração identificados.				
Mapeamento de requisitos e prioridades de calibração a serem providos pela Área de Metrologia Espacial, visando ações estruturantes executado.	3	Requisitos especificados e prioridades mapeadas.				



Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			2023	2024	2025	2026
Análise de requisitos e prioridades de calibração a serem providos pela metrologia espacial, visando ações estruturantes e atendimento de ensaios/testes no LIT finalizada.	4	Análise realizada.				
Implementação de ações de aprimoramento e otimização de processos na Área de Metrologia Espacial do LIT, visando atingimento das ações estruturantes propostas realizadas.	5	Ações estruturantes prioritárias desenvolvidas.				
Acompanhamento e análise das ações estruturantes propostas desenvolvida.	6	Relatório.				
Desenvolvimento de atividades relacionadas à manutenção das capacidades de calibração, por meio de processos e sistemas considerados primordiais, na Área de Metrologia Espacial realizadas.	7	Meios, processos e métodos disponíveis e operacionais.				
Treinamento da(s) equipe(s) envolvida(s) realizado	8	Equipe treinada.				
Documentação geral das atividades desenvolvidas finalizada.	9	Relatório.				

8.1.8 - 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	04	1*	20.800,00



Total (R\$)	20.800,00
-------------	-----------

* Em havendo **disponibilidade de recursos para o subprojeto**, poder-se-á chamar os candidatos subsequentes da lista de classificação.

8.1.9 - Equipe do Projeto

Bolsista modalidade PCI-DA;

Ricardo Suterio (Supervisor).

8.1.10 - Referências Bibliográficas

- [1] ISO/IEC, "ISO/IEC 17025:2017 - General requirements for the competence of testing and calibration laboratories," *International Standard Organization - ISO & International Electromagnetic Commission - IEC*. ISO/IEC, 2017.
- [2] ABNT, "ISO 19011:2018 - Diretrizes para auditoria de sistemas de gestão," *Assoc. Bras. Normas Técnicas - ABNT*, vol. 3ª edição, p. 63, 2018.
- [3] *Calibration: Philosophy in Practice*, 2 Ed. Everett, WA: Fluke Corporation, 1994.
- [4] Casa Civil da Presidência da República and IPEA, *Avaliação de Políticas Públicas - Guia prático de análise ex ante Volume 1*, 1st ed. Brasília: IPEA, 2018. [Online]. Available: https://www.gov.br/casacivil/pt-br/centrais-de-conteudo/downloads/153743_analise-ex-ante_web_novo.pdf/view

Projeto 8: Desenvolvimento de Tecnologias Aplicadas para a Metrologia Espacial do INPE

Subprojeto 8.2: Ampliação da faixa de frequências associadas à calibração de medidas de capacitância elétrica

8.2.1 – Introdução

Este tópico consta no Projeto 08 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE. Está relacionado ao Termo de Abertura de Projeto – TAP, processo SEI nº 01340.004161/2021-17.

A Metrologia Espacial vinculada a Coordenação de Manufatura Integração e Testes (COMIT / INPE) constitui-se de um conjunto de laboratórios que estão aptos a prover soluções em ensaios e calibrações de grandezas padrões, frente às demandas de rastreabilidade de diversos tipos de mensurando e seus artefatos, associados aos testes de satélites e produtos espaciais da COMIT. Por meio de desenvolvimento e pesquisa aplicada, a Metrologia Espacial dentro de suas competências, busca prover as melhores soluções em seus serviços visando o melhoramento contínuo de seus sistemas e padrões, os quais encontram aplicações diversas na calibração de sensores, instrumentos e sistemas interrogadores / medidores, de uso espacial, dentre outras diversas aplicações. Atualmente a COMIT mantém seus laboratórios de metrologia acreditados pela Coordenação Geral de Acreditação (Cgcre) do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) sob o nº 0022 (calibração) nas áreas de elétrica, física e mecânica. Tal acreditação reconhece sua competência para realizar calibrações desde 1991, além de assegurar a confiabilidade das medições e ensaios realizados. É de evidência ainda, que os laboratórios de metrologia são reconhecidos pelo ILAC - *International Laboratory Accreditation Cooperation* nas grandezas: eletricidade, tempo e frequência, telecomunicações, força e torque, massa, pressão (vácuo), vibração, acústica, temperatura e umidade. Atendendo a esse relevante número de competências a Metrologia Espacial da COMIT está organizada atualmente na forma de quatro laboratórios distintos, a saber: Laboratório de Metrologia Física (MTF), Laboratório de Metrologia Mecânica (MTM), Laboratório de Metrologia de Alta Frequência (MTR) e Laboratório de Metrologia Elétrica (MTE).

O presente projeto é uma demanda do Laboratório de Metrologia Elétrica (MTE), área responsável pela calibração de equipamentos, sistemas e artefatos que se caracterizam pela manipulação direta e/ou indireta de grandezas elétricas primárias, sejam elas aplicadas em regimes elétricos contínuos / estáticos e quase-estáticos. O Laboratório MTE atende prioritariamente às demandas do Laboratório de Integração e Testes (LIT) da COMIT, bem como os diversos departamentos e laboratórios do INPE. O MTE ainda disponibiliza suas competências para o atendimento de demandas oriundas da sociedade brasileira, a exemplo de setores chave para o desenvolvimento nacional, como setor aeroespacial brasileiro, com destaque para o Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA), além de outras instituições de pesquisa e indústrias.

O projeto consiste no estudo teórico e experimental da ampliação da faixa de frequência de medições associadas à grandeza elétrica de capacitores padrão [1]. A melhor compreensão das respostas de medidas de capacitância em regimes de operação quase-estáticos dos padrões de capacitância da área servirá de ponto de partida para propostas de aplicação de faixa de medições em frequência deste mensurando, que poderão prover melhorias incrementais significativas relacionadas à calibração de instrumentos e artefatos de medição elétrica, cuja dependência de referência na grandeza de capacitância elétrica em regimes quase-estáticos é fundamental [2][3]. Neste contexto, o presente projeto é uma resposta ao atendimento da necessidade de calibrações de capacitância elétrica nos regimes de baixas frequências, em faixas espectrais que ainda não são atendidas pelo MTE e que são necessárias para o pleno entendimento por calibrações de artefatos utilizados no Laboratório de Integração e Testes de Satélites, na Metrologia Física (MTF) da COMIT, e que conseqüentemente possui potencial para atender também demandas oriundas da sociedade brasileira de modo geral.

8.2.2 - Objetivo Geral



Beneficiar e possibilitar ao país acesso a uma infraestrutura capacitada no desenvolvimento de tecnologias para integração e testes de satélites, assim como na avaliação de conformidade de produtos espaciais.

Atender a necessidade do programa espacial brasileiro e melhorar a capacidade de medição em grandezas elétricas na Área de Metrologia Espacial da COMIT.

Objetivos específicos (OE)

Objetivo Específico 1

Estudo de métodos e sistemas referentes à metrologia e calibração de grandezas de capacitância elétrica.

Objetivo Específico 2

Estudo técnico teórico e/ou experimental em metrologia de grandezas elétricas com uso de capacitores padrão e décadas capacitivas.

Objetivo Específico 3

Investigação experimental da resposta espectral de grandezas elétricas capacitivas nas faixas de frequências de interesse.

Objetivo Específico 4

Análise dos resultados obtidos no objetivo específico 3 (OE3).

Objetivo Específico 5

Documentação geral dos estudos realizados.

Objetivo Específico 6

Treinamento da equipe.

8.2.3 - Insumos

8.2.3.1 – Custeio

Finalidade	Item de Custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)
-	-	0,00

8.2.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quant
8.2.1	Profissional com diploma de nível superior em Física, Eletrotécnica, Eletrônica, Elétrica, Mecatrônica ou áreas afins e com experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação	Conhecimentos em eletricidade e magnetismo ou sistemas elétricos ou eletrônicos ou mecatrônica ou controle e automação industrial ou áreas afins	1, 2, 3, 4, 5 e 6	D-D	04	1*

* Em havendo **disponibilidade de recursos para o subprojeto**, poder-se-á chamar os candidatos subsequentes da lista de classificação.

8.2.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas					
			2023	2024	2025	2026	2027	2028



Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas						
			2023	2024	2025	2026	2027	2028	
Estudo de métodos e sistemas referentes à metrologia e calibração de grandezas de capacitância elétrica.	1	Revisão e notas técnicas e referências gerais sobre calibração de grandezas capacitivas.	X (4 meses)						
Estudo teórico e/ou experimental em metrologia de grandezas elétricas com uso de capacitores padrão e décadas capacitivas.	2	Notas técnicas do estudo teórico e/ou experimental.							
Investigação experimental da resposta espectral de grandezas elétricas capacitivas nas faixas de frequências de interesse.	3	Obtenção de resultados experimentais.							
Análise dos resultados obtidos no objetivo específico 3 (OE3).	4	Notas técnicas sobre análise dos resultados.							
Documentação geral dos estudos realizados.	5	Relatório							
Treinamento da equipe	6	Habilitação técnica /experimental evidenciada.							

8.2.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestres												
	2023		2024		2025		2026		2027		2028		
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
Estudo de métodos e sistemas referentes à metrologia e calibração de grandezas de capacitância elétrica.	-	X (4 meses)											
Estudo teórico e/ou experimental em metrologia de grandezas elétricas com uso de capacitores padrão e décadas capacitivas.													
Investigação experimental da resposta espectral de grandezas elétricas capacitivas nas faixas de frequências de interesse.													
Análise dos resultados obtidos no objetivo específico 3 (OE3).													
Documentação geral dos estudos realizados.													
Treinamento da equipe													

8.2.6 – Produtos



Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas					
			2023	2024	2025	2026	2027	2028
Revisão técnica sobre calibração de grandezas capacitivas elaboradas.	1	Revisão bibliográfica e anotações técnicas finalizadas.	X (4 meses)					
Estudo teórico e/ou experimental em metrologia de grandezas elétricas com uso de capacitores padrão e décadas capacitivas.	2	Anotações técnicas finalizadas.						
Investigação experimental da resposta espectral de grandezas elétricas capacitivas nas faixas de frequências de interesse.	3	Resultados experimentais computados.						
Análise dos resultados obtidos no objetivo específico 3 (OE3).	4	Análises preliminares realizadas.						
Relatório.	5	Relatório elaborado.						
Equipe treinada.	6	Atividades habilitadoras executadas e evidenciadas.						

8.2.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas					
			2023	2024	2025	2026	2027	2028
Anotações técnicas sobre calibração de grandezas capacitivas executadas.	1	Notas técnicas para relatório.	X (4 meses)					
Estudo em grandezas elétricas com uso de capacitores padrão e décadas capacitivas realizado.	2	Notas técnicas para relatório.						
Tabelas e gráficos dos experimentos da resposta espectral de grandezas elétricas capacitivas nas faixas de frequências de interesse implementadas.	3	Tabelas e gráficos realizados.						
Análises concluídas.	4	Análises documentadas.						
Estudos documentados.	5	Relatório elaborado.						



Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas					
			2023	2024	2025	2026	2027	2028
Capacitação/habilitação em atividades de interesse da área de metrologia / realizadas.	6	Capacitações/habilitações evidenciadas.						

8.2.8 - Recursos Solicitados

Custeio

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

Bolsas

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	D	2.860,00	04	1*	11.440,00
Total (R\$)					11.440,00

* Em havendo **disponibilidade de recursos para o subprojeto**, poder-se-á chamar os candidatos subsequentes da lista de classificação.

8.2.9 - Equipe do Projeto

Bolsista modalidade PCI-DD;

Ricardo Suterio (Supervisor).

8.2.10 - Referências Bibliográficas

- [1] *Calibration: Philosophy in Practice*, 2 Ed. Everett, WA: Fluke Corporation, 1994.
- [2] A. R. de S. Armando Albertazzi G. Junior, *Fundamentos de Metrologia Científica e Industrial*. Editora Manole, 2017.
- [3] P. P. N. do R. Alexandre Mendes, *Metrologia e Incerteza de Medição - Conceitos e Aplicações*, 1ª edição. LTC, 2019.
- [4] Casa Civil da Presidência da República and IPEA, *Avaliação de Políticas Públicas - Guia prático de análise ex ante Volume 1*, 1st ed. Brasília: IPEA, 2018.

Projeto 8: Desenvolvimento de Tecnologias e Projetos para Montagem, Integração e Testes de Satélites

Subprojeto 8.3: Atualização do módulo “Satélites” do sistema eAIT (sistema de informação para apoio ao processo de montagem, integração e testes de satélites).

8.3.1 - Introdução

O plano de trabalho proposto está alinhado com o projeto de “Desenvolvimento de Tecnologias e Projetos para Montagem, Integração e Testes de Satélites” para o Programa de Capacitação Institucional 2018-2023, número 400077/2022-1, pois tem por objetivo desenvolver versões atualizadas de módulos do sistema de informação destinado a apoiar as atividades de montagem, integração e testes (AIT) de satélites, tanto de grande, como de pequeno porte. Está relacionado ao Termo de Abertura de Projeto – TAP 7736148, processo SEI nº 01340.005120/2023-18.

O processo de AIT realizado no LIT pode ser resumido em cinco subprocessos macro [1]:

- Definir AIT: são definidas as atividades que serão executadas (desde as macros atividades até o nível de procedimento) e a sequência em que essas atividades devem ser executadas.
- Preparar AIT: detalham-se as atividades, passo a passo, identificando e apontando os recursos necessários aos operadores para executá-las, como setup, equipamentos do satélite e GSEs (*Ground Support Equipment*).
- Gerenciar AIT: o gerente de AIT organiza a execução das atividades, elabora o cronograma, libera tarefas para execução e trata das questões e problemas que ocorrem durante o processo.
- Executar AIT: as atividades definidas são efetivamente realizadas e sua realização é documentada.
- Gerenciar recursos: os recursos necessários para o processo de AIT, como materiais, ferramentas, pessoal, GSEs, são gerenciados e mantidos em condições de uso.

Para apoio a esse processo, foi desenvolvido no LIT um sistema de informação chamado eAIT. O sistema de informação eAIT tem o objetivo de apoiar, de ponta a ponta, o processo de AIT de satélites realizado no LIT, provendo informações confiáveis para tomada de decisão e para auxílio à definição, preparação, gerenciamento e execução das atividades de AIT, além de apoiar o gerenciamento dos recursos necessários para AIT.

Com a evolução das tecnologias de hardware e software das máquinas servidoras que rodam esse sistema, faz-se necessário a atualização da tecnologia utilizada no desenvolvimento do eAIT para que ele continue compatível com versões mais recentes de sistema operacional e máquinas virtuais. Além disso, a atualização do sistema eAIT contempla também uma revisão de requisitos, para adaptações a novas realidades do processo de AIT realizado no LIT, e a integração com o sistema de gestão do LIT, o sistema eLIT. Essa integração é desejável para que informações de interesse dos dois sistemas possam ser compartilhadas mais facilmente e para que seja evitado retrabalho.

Para esse subprojeto específico, o módulo proposto para atualização é o módulo “Satélites”, que trata das informações referentes aos satélites que passam por AIT no LIT. Essas informações incluem dados gerais dos satélites e seus modelos e dados dos subsistemas e dos equipamentos que compõe os satélites.

Em possibilidade de extensão desse projeto para além dos quatro meses previstos, deverá ser escolhido juntamente com a equipe do LIT outro(s) módulo(s) para atualização, compatível com o tempo de extensão.

8.3.2 - Objetivo Geral



O objetivo geral desse subprojeto é desenvolver uma nova versão do módulo “Satélites” do sistema eAIT, que seja: compatível com versões mais recentes de sistema operacional e máquinas virtuais; alinhado com novas necessidades do processo de AIT do LIT e integrado com o sistema eLIT.

Objetivo Específico 1

Revisão de requisitos do módulo “Satélites”.

Objetivo Específico 2

Codificação e testes do módulo “Satélites” em tecnologia mais atual, compatível com sistema operacional e máquinas virtuais mais recentes e integrado com o sistema eLIT.

Objetivo Específico 3

Validação da nova versão do módulo junto à equipe de AIT do LIT.

Objetivo Específico 3

Implantação da versão atualizada do módulo.

8.3.3 - Insumos

8.3.3.1 Custeio

Não aplicável.

Tabela 1 – Distribuição dos recursos de custeio destinados a diárias e passagens

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

8.3.3.2 Bolsas

Tabela 2 – Necessidade de agregação de recursos humanos

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quant
8.3.1	Profissional com diploma de nível superior em Engenharia da Computação, Ciência da Computação, Análise de Sistema ou áreas afins e com experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação	Experiência em desenvolvimento de software orientado a objetos, especialmente na linguagem Groovy ou Java.	1, 2, 3,4	DD	4	1*

* Em havendo **disponibilidade de recursos para o subprojeto**, poder-se-á chamar os candidatos subsequentes da lista de classificação.

8.3.4 - Atividades de Execução

Tabela 3 – Descrição das atividades

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas (meses)			
			1°	2°	3°	4°
Revisão de requisitos	1	Documento de requisitos	X			



Codificação e testes	2	Código testado		X	X	
Validação	3	Módulo validado				X
Implantação do módulo atualizado.	4	Módulo implantado				X

8.3.5 - Cronograma de Atividades

Tabela 4 – Cronograma de atividades

	Atividades	2023			2024
		out	nov	dez	jan
1	Revisão de requisitos	x			
2	Codificação e testes		x	x	
3	Validação				x
4	Implantação do módulo atualizado.				x

8.3.6 - Produtos

Tabela 5 – Produtos

Produtos	Objetivo específico	Indicadores	Metas (meses)			
			1	2	3	4
Documento de requisitos	1	Documento de requisitos	100%			
Código fonte testado e validado	2, 3	Arquivos de código		50%	100%	
Relatório técnico de implantação	4	Relatório técnico				100%

8.3.7 - Resultados Esperados

Tabela 6 – Resultados esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas (meses)			
			1	2	3	4
Módulo rodando com tecnologia atualizada	2, 3, 4	Requisitos atendidos				X
Módulo rodando com requisitos revisados	1,2,3,4	Requisitos atendidos				X
Módulo rodando integrado ao sistema eLIT	2,3,4	Requisitos atendidos				X



8.3.8 - Recursos Solicitados

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.

Tabela 7 – Estimativas de despesas com custeio

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

Bolsas

Tabela 8 – Valor da bolsa

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
D	D	2.860,00	4	1*	11.440,00
Total (R\$)					11.440,00

* Em havendo **disponibilidade de recursos para o subprojeto**, poder-se-á chamar os candidatos subsequentes da lista de classificação.

8.3.9 Equipe do Projeto

- Ana Claudia de Paula Silva

8.3.10 - Referências Bibliográficas

- [1] INPE/LIT. Minuta da reunião realizada em 21 de setembro de 2017 no LIT/INPE, LIT25-LIT05-MR-001. 2017. Disponível no centro de documentação do LIT.



Projeto 8 – Desenvolvimento de Tecnologias e Projetos para Montagem, Integração e Testes de Satélites

Subprojeto 8.4: Projeto, construção e caracterização de antena com alta diretividade para uso na caracterização de materiais aplicados a radomes.

8.4.1 - Introdução

Este subprojeto consta do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE. Está relacionado ao Termo de Abertura de Projeto – TAP 7736148, processo SEI nº 01340.003235/2021-06. Esse TAP atende ao Objetivo Geral do Projeto 4, onde é enfatizado o desenvolvimento de produtos, processos e técnicas inovadoras nas áreas de novos materiais e sensores. No que tange o PROJETO 8, é destacado no objetivo geral, “Dotar e disponibilizar o país uma infraestrutura capacitada no desenvolvimento de tecnologias para integração e testes de satélites, assim como na avaliação de conformidade de produtos espaciais”. O Objetivo Específico (5) evidencia o desenvolvimento de tecnologias que contempla o “Ensaio e Medidas de Antenas para Aplicações Espaciais”. Nesse sentido esse projeto atende aos objetos da COMIT assim como aos do COPDT. Essas coordenações irão, em conjunto, desenvolver o subprojeto 8.5.

A Coordenação-Geral de Infraestrutura e Pesquisas Aplicadas (CGIP) deve prover a infraestrutura organizacional e serviços integrados para as pesquisas desenvolvidas pelo Instituto.

De acordo com seus objetivos estratégicos, a Coordenação de Manufatura Integração e Testes, COMIT, vinculada à CGIP, atua constantemente no aprimoramento do Laboratório de Integração e Testes (LIT), uma das principais áreas do INPE, para atender às atividades requeridas pelos satélites brasileiros. Neste contexto, no LIT, local onde o presente projeto será implantado, estão reunidos dentro de uma mesma instalação, todos os meios fundamentais para a sequência completa de montagem, integração e ensaios de satélites. Isso facilita a organização das operações, evitando problemas logísticos e deslocamentos por grandes distâncias. Neste mesmo local, melhorias estão sendo implementadas constantemente a fim de prover e disponibilizar as melhores capacidades para qualificar testes e ensaios de satélites de maior porte (em termos de massa, por exemplo, satélites de até sete toneladas), e maior complexidade tecnológica, categoria, onde se enquadram satélites para aplicações em sistemas de telecomunicações, dentre outros como os aplicados para monitoramento ambiental. Melhorias que consequentemente proverão modernizações também para avanços em ensaios e testes de satélites com arquiteturas baseadas em nano-satélites e pico-satélites para aplicações científicas, educacionais e mesmo de uso privado.

Este projeto também será desenvolvido dentro da Coordenação de Pesquisa Aplicada e Desenvolvimento Tecnológico (COPDT), vinculada à CGIP, onde está alinhado através das seguintes competências relacionadas no Artigo 68 Regimento Interno do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Portaria Nº 7.056, de 24 de maio de 2023):

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.

O presente projeto objetiva prover soluções e incrementar as competências institucionais do INPE no que tange o desenvolvimento, produção e caracterização de materiais avançados



visando aplicações espaciais. Esse projeto visa apresentar soluções em materiais que atendam as necessidades do INPE, mais especificamente na substituição do radome do Rádio Observatório Pierre Kauffman (ROI). O ROI iniciou suas atividades em 1974. O radiotelescópio de 14 metros foi projetado para operar em radiofrequência de até 100 GHz. O radome atualmente em uso será substituído. Esse projeto visa apresentar uma solução para a nacionalização do radome e diminuir drasticamente os custos de substituição.

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. Sendo assim, esse projeto busca apresentar soluções de compromisso ótimo na produção de um material transparente a radiação eletromagnética com uma tangente de perda < 0.0001 para atender a demanda do ROI. 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).

Uma atividade de grande relevância no contexto do projeto foi desdobrada no subprojeto intitulado: Projeto, construção e caracterização de antena com alta directividade para uso na caracterização de materiais aplicados a radomes. 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 de 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. Nesse contexto, a primeira parte do projeto visa a caracterização das antenas nas bandas X, Ku, K e Ka, onde serão realizadas as medidas de diagrama de irradiação e dos parâmetros S [4, 5] das antenas com e sem as lentes, no laboratório de antenas do LIT. A segunda parte do projeto será realizada em parceria com o grupo de Astrofísica do INPE, onde serão simulados [6] os diagramas de radiação de cada antena. As simulações serão validadas com as caracterizações realizadas. Entre os parâmetros de interesse podemos destacar: o lóbulo principal e os secundários, o ângulo de 3 dB (ou de meia potência) e o isolamento de polarização cruzada.

8.4.2 - Objetivo Geral

Objetivos gerais (OG)

1 - Objetiva-se obter o domínio das técnicas e tecnologias relacionadas ao projeto, desenvolvimento, processos e caracterização de materiais transparentes a radiação eletromagnética para aplicações espaciais, em especial, no contexto desse projeto, para atender a demanda da substituição do radome do ROI.

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

3 – Disponibilizar o país de infraestrutura capacitada no desenvolvimento de tecnologias, assim como avaliar a conformidade de produtos espaciais

Objetivo Específico (OE)

OE1: Aquisições, Design/Projeto das Antenas (OG-1).

OE2: Caracterização das Antenas sem as lentes dielétrica (OG-1).

OE3: Caracterização das Antenas com as lentes dielétrica (OG-1).

OE4: Simulação das antenas sem a lente eletromagnética (OG-1).

OE5: Simulação das antenas com a lente eletromagnética (OG-1).



OE6: Validação do modelo simulado com as caracterizações experimentais (OG-1).

OE7: Análise e documentação de resultados dos ensaios (OG-1).

OE8: Capacitação da equipe envolvida (OG-2).

8.4.3 - Insumos

8.4.3.1 - Custeio

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

8.4.3.2 - Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria /nível	Meses	Quant
8.4.1	Profissional formado em Engenharia Elétrica, Eletrônica, Telecomunicações 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	Eletromagnetismo aplicado em RF, Antenas;	1	D-A	4	1*

* Em havendo **disponibilidade de recursos para o subprojeto**, poder-se-á chamar os candidatos subsequentes da lista de classificação.

8.4.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2023	2024	2025	2026	2027
Atividade 1 - Design/projeto das Antenas	1	Design/projeto concluído	X				
Atividade 2 – Caracterização das Antenas sem lente.	2	Diagramas de irradiação das antenas	X	X			
Atividade 3 – Caracterização das Antenas com lente.	3	Diagramas de irradiação das antenas	X	X			
Atividade 4 – Análise e documentação de resultados dos ensaios	7	Análise comparativa dos resultados visando definir a influência da lente no contexto das atividades 3 e 4.	X	X			

Atividade 5 – Simulação das antenas sem a lente eletromagnética	4							
--	---	--	--	--	--	--	--	--

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas					
			2023	2024	2025	2026	2027	
Atividade 6 – Simulação das antenas com a lente eletromagnética	5							
Atividade 7 – Validação dos dados simulados com os dados experimentais obtidos nas atividades 3 e 4.	6	Validar os resultados obtidos através da simulação com os resultados experimentais.						
Atividade 8 - Treinamento da equipe envolvida	8	Equipe capacitada	X	X				

8.4.5 - Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre									
	2023		2024		2025		2026		2027	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Atividade 1 - Design/projeto das antenas.		X								
Atividade 2 – Caracterização das antenas com e sem lente.		X	X							
Atividade 13 - Treinamento da equipe envolvida		X	X							

8.4.6 - Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2023	2024	2025	2026	2027
Produto 1 - Design/projeto das antenas.	1	Desenho detalhado das antenas	X				
Produto 2 – Implementação da simulação das antenas com e sem as lentes.	1	Obtenção dos parâmetros das antenas.	X	X			

8.4.7 - Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2023	2024	2025	2026	2027



Resultado 1 – Projeto detalhado das antenas	1	Design/projeto pronto para simulação e eventual produção.	X	X			
Resultado 13 - Equipe capacitada	8	Qualificação da equipe	X	X			

8.4.8 - Recursos Solicitados

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	4	1*	20.800,00
	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\$)					20.800,00

* Em havendo **disponibilidade de recursos para o subprojeto**, poder-se-á chamar os candidatos subsequentes da lista de classificação.

8.4.9 - Equipe do Projeto

Bolsista PCI-DA;
Guilherme Nader Kawassaki;
Dr. Maurício Ribeiro Baldan;
Lucas dos Reis Raimundi

8.4.10 - 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 characterization of materials by using transmission/reflection (T/R) devices," Electron., vol. 6, no. 4, p. 27, 2017.

[4] 149-2021 – “IEEE Recommended Practice for Antenna Measurements, Approved 23 September 2021”.

[5] Vince Rodriguez – “Anechoic Range Design for Electromagnetic Measurements”, Artech House

[6] Richard C. Johnson – “Antenna Engineering Handbook”, McGraw-Hill, Inc. Third edition



Projeto 8: Desenvolvimento de Tecnologias e Projetos para Montagem, Integração e Testes de Satélites

Subprojeto 8.5: Especificação do Sistema de Software e das Plataformas de Desenvolvimento para o Sistema de Aquisição de Dados Usando IoT e Soc

8.5.1 - Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 08 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE. TAP 01340003609/2021-85.

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) é uma unidade de pesquisa do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), sendo responsável pelo desenvolvimento das atividades espaciais no país. Sua missão é contribuir para que a sociedade brasileira possa usufruir dos benefícios propiciados pelo contínuo desenvolvimento das Aplicações Espaciais, da Meteorologia e Clima e da Engenharia e Tecnologia Espacial.

O Laboratório de Integração e Testes (LIT) desenvolve e/ou participa de um conjunto de complexos programas espaciais, assumindo a responsabilidade direta ou indireta de realizar a etapa de Montagem, Integração e Testes dos sistemas em desenvolvimento. Para tanto, necessita desenvolver capacidades para executar as tarefas sob sua responsabilidade para programas de complexidade crescente, sob risco de obsolescência.

Conforme o projeto institucional, a Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI) 2016 – 2019 aponta 11 áreas estratégicas, entre elas a aeroespacial e defesa e define entres suas estratégias associadas:

- “Fomentar a pesquisa e desenvolvimento científico, tecnológico e de inovação, visando à criação e fabricação de sistemas espaciais completos de satélites e veículos lançadores e desenvolver tecnologias de guiamento, sobretudo inerciais e tecnologias de propulsão líquida”.
- “Implantar e atualizar a infraestrutura espacial básica (laboratórios de pesquisa e desenvolvimento, centros de lançamento e centros de operação e controle de satélites) e as defesa (laboratórios de pesquisa e desenvolvimento das Forças Armadas)”.

Observa-se que o objetivo geral, conforme o projeto institucional, do projeto PCI para o LIT é garantir e manter a capacitação de todas as áreas de atuação do laboratório para a avaliação de conformidade dos produtos da área espacial e, em destaque os seguintes objetivos específicos para este projeto:

- Objetivo Específico (1): Desenvolver as tecnologias necessárias para as atividades de Montagem, Integração e Testes, em função dos programas espaciais no INPE, incluindo pintura, colagem, revestimentos térmicos, soldagem, limpeza, controle de contaminação, alinhamento etc.;
- Objetivo Específico (2): Desenvolver equipamentos e setups para testes elétricos e testes ambientais de sistemas e subsistemas;
- Objetivo Específico (3): Desenvolver e qualificar softwares especializados para atividades de planejamento, controle, testes elétricos e testes ambientais de sistemas e subsistemas.

Este projeto foca na qualificação de espécimes através de testes ambientais realizados em vácuo e sob condições térmicas variadas para simulação das condições espaciais. As técnicas atualmente empregadas utilizam câmaras vácuo térmicas de grande porte que realizam ensaios de simulação das condições de voo do satélite e de outros subsistemas em condições de alto-vácuo, cargas térmicas internas e externas e consequente distribuição de temperatura, da vida orbital de satélites e de outros veículos espaciais. Para a reprodução

dessas condições o ensaio geralmente se estende por dias podendo chegar a várias semanas ininterruptamente.

A qualidade dos dados resultantes de testes espaciais realizados no LIT/COMIT são fundamentais para o correto diagnóstico do teste, por exemplo, se o satélite está ou não apto para voo. Há cerca de 30 anos os dados coletados (temperatura, pressão, resistência etc.) nos testes são obtidos por meio scanners capazes de adquirir até 2000 canais a cada 30s. Esses testes são previstos nas campanhas de qualificação de satélites, sendo realizados em longos e ininterruptos períodos.

Recentemente foram lançados no mercado chips do tipo SoCs (System on Chip), bem como alguns outros capazes de realizar leituras de temperatura entre -200 °C e 200 °C entregando resultados através de interfaces do tipo I2C. O uso desses componentes poderá reduzir o custo de aquisição de dados por canal.

O projeto prevê a construção de uma prova de conceito para avaliar se o sistema atual pode ser substituído no futuro por essa tecnologia e assim ter um barateamento do custo da aquisição de dados. O projeto se divide na especificação e construção do hardware, a implementação de um sistema supervisor que controla o hardware e recebe as leituras feitas, por um banco de dados para o armazenamento das informações coletadas e por um sistema de visualização para exibir os dados e se estes foram coletados corretamente.

Para entender as necessidades do sistema de aquisição proposto neste projeto, é necessário que os bolsistas sejam familiarizados nos ensaios da área térmica de longa duração e assim identifiquem os requisitos de confiabilidade e também apontem melhorias a serem implementadas em comparação ao sistema atual.

Este subprojeto consiste da especificação de ferramentas e linguagem para implementação do sistema supervisor e de interface com o usuário, a da elaboração do documento que descreva esta especificação. A partir do levantamento realizado, implementar os módulos necessários para o sistema supervisor e para a comunicação com o hardware visando os testes de integridade das informações trocadas e também implementar as primeiras interfaces de visualização para avaliação. Concomitantemente a implementação, far-se-á a elaboração do projeto básico visando a aquisição de materiais, componentes etc, provendo o levantamento básico de diagramas e informações que descrevam todos os itens necessários contendo as cotações dos componentes, prazos, custos, critérios de aceitação e testes de aceitação.

8.5.2 - Objetivo Geral

O objetivo geral deste subprojeto é reduzir o custo de testes ambientais espaciais na área de aquisição de dados em câmaras de termo-vácuo. A redução dar-se-á pelo uso de um novo sistema construído com componentes mais baratos com verificação através dos testes desenvolvidos no âmbito deste projeto.

Os objetivos específicos são:

- Objetivo Específico 1: Familiarização dos bolsistas com o atual sistema de aquisição;
- Objetivo Específico 2: Criar um projeto básico contendo as cotações para os componentes do sistema, prazos de entrega, custos, manuais, diagramas, critérios de aceitação e testes de aceitação;
- Objetivo Específico 3: Levantamento do projeto mecânico e do projeto elétrico que podem ser usados na solução proposta descrevendo as interfaces elétricas e mecânicas;
- Objetivo Específico 4: Criar um projeto básico de um protótipo para a solução de potência escolhida considerando todo o processo de aquisição dos suprimentos e materiais;
- Objetivo Específico 5: Implementação de módulos do sistema supervisor e de comunicação com o hardware com testes de integridade das informações trocadas;



- Objetivo Específico 6: Implementação de interfaces de visualização para avaliação;

8.5.3 – Insumos

8.5.3.1 – Custeio

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\$)

8.5.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quant
8.5.1	Profissional com diploma de nível superior em Engenharia da Computação, Engenharia Elétrica, Engenharia Mecatrônica, Engenharia Eletrônica ou áreas afins e com experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação	Conhecimentos em linguagem de programação e desenvolvimento de sistemas, conhecimentos em hardware	1, 2, 3, 4, 5, 6	D-D	4	1*

* Em havendo **disponibilidade de recursos para o subprojeto**, poder-se-á chamar os candidatos subsequentes da lista de classificação.

8.5.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas (meses)			
			1°	2°	3°	4°
Familiarização em ensaios vácuo-térmicos na aquisição de dados	1	Treinamento realizado	X	X	X	X
Elaborar documento descrevendo as interfaces elétricas e mecânicas	3	Relatório técnico		X	X	X
Elaborar documento descrevendo o projeto do barramento de potência e do fornecimento de potência	4	Relatório técnico			X	X
Consolidar todos os	2	Documento elaborado			X	X

diagramas e informações organizadamente na forma de um projeto básico, contendo: cotações para os componentes do sistema; prazos de entrega; custos de montagem; manuais e diagramas; critérios de aceitação, testes de aceitação.						
Estudo e desenvolvimento de software para o sistema supervisorio	5, 6	Estudo das plataformas e desenvolvimento realizado	X	X	X	X
Realizar reuniões de monitoramento	2, 3, 4, 5, 6	Reuniões realizadas	X	X	X	X

8.5.5 - Cronograma de Atividades

Atividades	Meses			
	1°	2°	3°	4°
Familiarização em ensaios vácuo-térmicos na aquisição de dados	X	X	X	X
Realizar reuniões de monitoramento	X	X	X	X
Estudo e desenvolvimento de software para o sistema supervisorio	X	X	X	X
Elaborar documento descrevendo as interfaces elétricas e mecânica			X	X
Elaborar documento descrevendo o projeto do barramento de potência e do fornecimento de potência			X	X
Consolidar todos os diagramas e informações organizadamente na forma de um projeto básico, contendo: cotações para os componentes do sistema; prazos de entrega; custos de montagem; manuais e diagramas; critérios de aceitação, testes de aceitação.			X	X

8.5.6 - Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas (meses)			
			1°	2°	3°	4°
Esboço do projeto básico, contendo: cotações para os componentes do sistema; prazos de entrega; custos de montagem; manuais e diagramas; critérios de aceitação; testes de aceitação.	2	Número de documentos			50%	100%
Elaborar documento	3, 4	Número de relatórios		25	50%	100%



descrevendo as interfaces elétricas e mecânicas, do fornecimento de potência e do projeto do barramento de potência				%		
Estudo e desenvolvimento de software para o sistema supervisorio	5, 6	Módulos do sistema Implementados			50%	100%

8.5.7 - Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Especifico	Indicadores	Metas (meses)			
			1°	2°	3°	4°
Consolidação das informações para compra, especificação e aceitação dos componentes através de um projeto básico	2, 3, 4	Relatório técnico				X
Documentação com as informações da análise do software a ser desenvolvido	5, 6	Relatório técnico				X

8.5.8 - Recursos Solicitados

Custeio:

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

- 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;
- 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			
	C	3.380,00			
	D	2.860,00	4	1*	11.440,00
	E	1.950,00			
	F	900,00			



PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					11.440,00

* Em havendo **disponibilidade de recursos para o subprojeto**, poder-se-á chamar os candidatos subsequentes da lista de classificação.

8.5.9 - Equipe do Projeto

Daniel Merli Lamosa
Edésio Hernane Paulicena
Heyder Hey
Horácio Hiroiti Sawame
Leandro Toss Hoffmann
Rovilson Emilio da Silva
Bolsista a ser selecionado

8.5.10 - Bibliografia

Pine, David J. *Introduction to Python for Science and Engineering*. Taylor & Francis, 2019.
<https://doi.org/10.1201/9780429506413>

Kurniawan, A. *MicroPython for ESP32 Development Workshop*. PE Press, 2017

Ananda, O. A. *Python GUI: Develop Cross Platform Desktop Applications using Python, Qt and PyQt5*. Olaf Art Ananda, eBook, 2020.

Pressman, R. S; Maxim, B. R; Arakaki, R. *Engenharia de Software: Uma Abordagem Profissional*, AMGH, 2016.



Projeto 8: Desenvolvimento de Tecnologias e Projetos para Montagem, Integração e Testes de Satélites

Subprojeto 8.6: Estudo de viabilidade e implementação de um Sistema de Gestão da Qualidade para qualificação espacial nos Laboratórios de montagem, integração e testes da COMIT

8.6.1 – Introdução

Este subprojeto consta no projeto Pesquisa e Desenvolvimento em Ciências e Tecnologias Espaciais e suas Aplicações – INPE – Novembro/2018 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE. Está relacionado ao Termo de Abertura de Projeto – TAP do projeto ***Estudo de viabilidade e implementação de um Sistema de Gestão da Qualidade para qualificação espacial nos Laboratórios de montagem, integração e testes da COMIT.*** (SEI: 01340.004291/2021-50).

A infraestrutura da COMIT é formada por um complexo de laboratórios para desenvolvimento e qualificação de produtos espaciais, tendo grande participação na pesquisa, desenvolvimento e inovação tecnológica do Brasil, através de realização de ensaio e desenvolvimento de novos produtos, sejam eles para o setor espacial, sejam eles para o setor industrial em geral, além de ensaios para a certificação de novos produtos que futuramente estarão disponíveis para a sociedade.

Devido ao avanço tecnológico e ao aumento da complexidade dos sistemas espaciais, o LIT busca manter sua condição de excelência por meio de projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação, nas suas áreas de sua atuação. Essas áreas incluem: engenharia de sistemas, avaliação da conformidade, engenharia simultânea, processos de AIT, engenharia de meios de testes e de sistemas de informação, métodos de medição, processos de testes de componentes eletrônicos, desenvolvimento de materiais e processos, modelagens dinâmica, térmica e radioelétrica de sistemas espaciais e engenharia do produto.

Considerando a estrutura funcional desta Coordenação, este projeto se enquadra em Desenvolvimento de Tecnologias para Testes Ambientais de Satélites e Produtos Espaciais, pois apesar da Garantia da Qualidade permear todas as áreas e laboratórios, este projeto volta-se a satélites e produtos espaciais.

A área espacial é uma área sensivelmente crítica e restrita se aplicada ao atendimento dos requisitos requeridos durante a montagem, integração e testes de sistemas, subsistema e equipamento de qualificação espacial. A implementação de um sistema de gestão de qualidade é uma estratégia de busca contínua por elevados padrões, visando melhorar o desempenho das pessoas, os processos, os produtos e o próprio ambiente de trabalho. O mapeamento dos processos e posterior implementação de uma norma de gestão da qualidade nas áreas de montagem, integração e testes de qualificação espacial possibilitaria visualizar as atividades de forma global, permitindo a padronização e eficiência dos processos e serviços realizados nas áreas de testes da COMIT.



Este subprojeto consta no Projeto 08 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE. Está relacionado ao Termo de Abertura de Projeto – TAP 01340.004291/2021-50.

8.6.2 – Objetivo Geral

Este projeto está alinhado ao projeto de Desenvolvimento de Tecnologias e Projetos para Montagem, Integração e Testes de Satélites – Programa de Capacitação Institucional – PCI 2018-2023 – Subprograma do Projeto Institucional, que tem por objetivo a implantação de um sistema de metrologia, normalização e certificação para a área espacial, e dessa forma estruturar um sistema da qualidade que seja capaz de acomodar as peculiaridades da qualificação espacial e que permita ao LIT continuar realizando as atividades de montagem, integração e testes em satélite. O estudo de normas nacionais ou internacionais que melhor se aplicam a laboratórios com as características do LIT, o mapeamento dos processos e posterior implementação de uma norma de gestão da qualidade visa visualizar as atividades de forma global, permitindo a padronização e eficiência dos processos e serviços realizados nas áreas de testes do LIT.

Objetivo Específico 1

- Identificar e realizar estudo de normas de gestão da qualidade (ABNT, ISO, ESA) que possam ser aplicadas nos laboratórios do LIT, com as características das áreas de montagem e testes espaciais; e apresentar o resultado do estudo para o com os requisitos para a implementação das normas no LIT.

Objetivo Específico 2

- Mapear os processos técnicos das áreas de montagem e integração e nas áreas de ensaios ambientais do LIT, além de definir sistemática para implementação da norma, preparação dos documentos, guias, etc.;

Objetivo Específico 3

- Com base no estudo e mapeamento, implementar um sistema de gestão da qualidade nos Laboratórios de Montagem, Integração e Testes da COMIT, no prazo de até 3 anos.

8.6.3 – Insumos

8.6.3.1 – Custeio

O desenvolvimento desse projeto prevê a necessidade de aquisição de normas de gestão da qualidade nacionais e internacionais.

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

8.6.3.2 - Bolsas

Solicita-se um bolsista PCI-DB, com graduação em nível superior na área de exatas, com experiência em implementação de sistemas de gestão da qualidade, processos aplicados na área espacial e conhecimento de normas técnicas.

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/ nível	Meses	Quant
8.6.1	Profissional formado em Engenharia, Tecnólogo em Produção ou Qualidade 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	Experiência em implementação de sistemas de gestão da qualidade e conhecimento e normas técnicas, inglês intermediário.	1 a 3	DB	04	1*

* Em havendo **disponibilidade de recursos para o subprojeto**, poder-se-á chamar os candidatos subsequentes da lista de classificação.

8.6.4 – Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			2023/2024			
			1	2	3	4
1 – Definir normas aplicáveis e apresentar resultados.	1	Número de atividades realizadas/ período				
2 – Estudo técnico dos processos nas áreas de montagem e integração e testes.	2	Abrangência dos processos das áreas.				
3- Mapeamento dos processos de qualificação espacial.	2	Abrangência dos processos das áreas.				

8.6.5 - Cronograma de Atividades

Atividades	Metas			
	2023/2024			
	1	2	3	4
1 - Definir normas aplicáveis e apresentar resultados.				
2 – Estudo técnico dos processos nas áreas de montagem e integração e testes.				
3 - Mapeamento dos processos de qualificação espacial.				

8.6.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas 2023/2024
1 – Definir normas aplicáveis e apresentar resultados.	1	Relatório	Conclusão do estudo.
2 – Estudo técnico dos processos nas áreas de montagem e integração e testes.	2	Relatório	Definir escopo da implementação.
3 – Mapeamento dos processos de qualificação espacial.	2	Relatório	Definição dos processos.

8.6.7 - Resultados Esperados

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas – 2023/2024			
			Ago	Set	Out	Nov
1 - Definir normas aplicáveis e apresentar resultados.	1	Relatório				
2 – Estudo técnico dos processos nas áreas de montagem e integração e testes.	2	Relatório				
3 - Mapeamento dos processos de qualificação espacial.	2	Relatório				

8.6.8 - Recursos Solicitados

Não estão previstos gastos com diárias e passagens.

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

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	B	4.160,00	4	1*	16.640,00
Total (R\$)					16.640,00

* Em havendo **disponibilidade de recursos para o subprojeto**, poder-se-á chamar os candidatos subsequentes da lista de classificação.

8.6.9 – Equipe do Projeto

Márcia Cristina Carneiro Ueta

Luiz Fernando Mitsuo Ito

Bolsita a ser selecionado

8.6.10 - Referências Bibliográficas

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

Projeto 8: Desenvolvimento de Tecnologias Aplicadas para a Metrologia Espacial do INPE

Subprojeto 8.7: Desenvolvimento de medição e calibração de grandezas de massa para aplicações em artefatos de uso espacial e objetos de uso geral

8.7.1 – Introdução

Este tópico consta no Projeto 08 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE. Está relacionado ao Termo de Abertura de Projeto – TAP, processo SEI nº 01340.004161/2021-17.

A Metrologia Espacial vinculada a Coordenação de Manufatura Integração e Testes (COMIT / INPE) constitui-se de um conjunto de laboratórios que estão aptos a prover soluções em ensaios e calibrações de grandezas padrões, frente às demandas de rastreabilidade de diversos tipos de mensurando e seus artefatos, associados aos testes de satélites e produtos espaciais da COMIT. Por meio de desenvolvimento e pesquisa aplicada, a Metrologia Espacial dentro de suas competências, busca prover as melhores soluções em seus serviços visando o melhoramento contínuo de seus sistemas e padrões, os quais encontram aplicações diversas na calibração de sensores, instrumentos e sistemas interrogadores / medidores, de uso espacial, dentre outras diversas aplicações. Atualmente a COMIT mantém seus laboratórios de metrologia acreditados pela Coordenação Geral de Acreditação (Cgcre) do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) sob o nº 0022 (calibração) nas áreas de elétrica, física e mecânica. Tal acreditação reconhece sua competência para realizar calibrações desde 1991, além de assegurar a confiabilidade das medições e ensaios realizados [1]. É de evidência ainda, que os laboratórios de metrologia são reconhecidos pelo ILAC – *International Laboratory Accreditation Cooperation* nas grandezas: eletricidade, tempo e frequência, telecomunicações, dimensional, massa, força e torque, pressão (vácuo), vibração, acústica, temperatura e umidade. Atendendo a esse relevante número de competências a Metrologia Espacial da COMIT está organizada atualmente na forma de quatro laboratórios distintos, a saber: Laboratório de Metrologia Física (MTF), Laboratório de Metrologia Mecânica (MTM), Laboratório de Metrologia de Alta Frequência (MTR) e Laboratório de Metrologia Elétrica (MTE).

O presente projeto é uma demanda do Laboratório de Metrologia Mecânica (MTM), área responsável pela calibração de equipamentos, sistemas e artefatos que se caracterizam pela manipulação direta e/ou indireta de grandezas de massa, dimensionais, força e torque. O Laboratório MTM atende prioritariamente às demandas do Laboratório de Integração e Testes (LIT) da COMIT, bem como os diversos departamentos e laboratórios do INPE. O MTM ainda disponibiliza suas competências para o atendimento de demandas oriundas da sociedade brasileira, a exemplo de setores chave para o desenvolvimento nacional, como setor aeroespacial brasileiro, com destaque para o Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA), além de outras instituições de pesquisa e indústrias.

O projeto consiste no desenvolvimento de medição e calibração de grandezas de massa para aplicações em artefatos de uso espacial e objetos de uso geral [2][3], e incluem inferências em sistemas de medição de massa de precisão, bem como em dinamômetros para movimentação de cargas [4,5].

Neste contexto, o presente projeto atende necessidades de melhoria e aplicação de escopo de calibrações de grandezas mecânicas, necessárias para o pleno entendimento por calibrações de artefatos e sistemas de medição utilizados no Laboratório de Integração e *Hall* de Testes de Satélites da COMIT. Conseqüentemente, tal desenvolvimento propiciará novas capacidades de serviços de calibração de sistemas espaciais, com potencial para atender também demandas oriundas da sociedade brasileira de modo geral.

8.7.2 - Objetivo Geral

Beneficiar e possibilitar ao país acesso a uma infraestrutura capacitada no desenvolvimento de tecnologias para integração e testes de satélites, assim como na avaliação de conformidade de produtos espaciais.

Atender a necessidade do programa espacial brasileiro e melhorar a capacidade de medição em grandezas mecânicas na Área de Metrologia Espacial da COMIT.

Objetivos específicos (OE)



Objetivo Específico 1

Revisão bibliográfica de métodos aplicados à medição e calibração de massa.

Objetivo Específico 2

Definição de método(s) para calibração de grandezas mecânicas na disciplina de medição de massa.

Objetivo Específico 3

Definição de sistemas/artefatos para composição de *setup* de medição e calibração proposto.

Objetivo Específico 4

Teste(s) e validação conceitual e/ou experimental do(s) método(s) selecionado(s).

Objetivo Específico 5

Elaboração de procedimento para calibração de medidas de massa.

Objetivo Específico 6

Atuação em atividades de capacitação/habilitação técnica em áreas de interesse da metrologia, com ênfase em medição e calibração de grandezas mecânicas.

Objetivo Específico 7

Documentação geral da atividade realizada.

8.7.3 – Insumos

8.7.3.1 – Custeio

Finalidade	Item de Custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)
-	-	0,00

8.7.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria /nível	Meses	Quant.
8.7.1	Profissional com diploma de nível superior em Física, Engenharia Mecânica, Mecatrônica, Controle e Automação ou áreas afins e com experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação	Profissional com diploma de nível superior e experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação.	1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7	D-D	04	1*

* Em havendo **disponibilidade de recursos para o subprojeto**, poder-se-á chamar os candidatos subsequentes da lista de classificação.

8.7.4 – Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Revisão bibliográfica de métodos aplicados à medição e calibração de massa.	1	Revisão bibliográfica realizada.	X	

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Definição de método(s) para calibração de grandezas mecânicas na disciplina de medição de massa.	2	Método(s) selecionado(s).	X	
Definição de sistemas/artefatos para composição de <i>setup</i> de medição e calibração proposto.	3	Definição e requisitos estabelecidos.	X	X
Teste(s) e validação conceitual e/ou experimental do(s) método(s) selecionado(s).	4	Teste(s) e validações evidenciadas.		X
Elaboração de procedimento para calibração de medidas de massa.	5	Procedimento de calibração realizado.		X
Atuação em atividades de capacitação/habilitação técnica em áreas de interesse da metrologia, com ênfase em medição e calibração de grandezas mecânicas.	6	Habilitação técnica /experimental evidenciada.		X
Documentação geral da atividade realizada.	7	Relatório		X

8.7.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestres			
	2023		2024	
	1	2	1	2
Revisão bibliográfica de métodos aplicados à medição e calibração de massa.	X	X		
Definição de método(s) para calibração de grandezas mecânicas na disciplina de medição de massa.		X		
Definição de sistemas/artefatos para composição de <i>setup</i> de calibração proposto.		X		
Teste(s) e validação conceitual e/ou experimental do(s) método(s) selecionado(s).		X		
Elaboração de procedimento para medição e calibração de medidas de massa.		X		
Atuação em atividades de capacitação/habilitação técnica em áreas de interesse da metrologia, com ênfase em calibração de grandezas mecânicas.		X	X	
Documentação geral da atividade realizada.		X	X	

8.7.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Revisão bibliográfica concluída.	1	Revisão concluída.	X	
Método(s) evidenciado(s).	2	Método(s) selecionado(s).	X	
Composição de <i>setup</i> de medição e calibração proposto.	3	Artefatos e sistemas estabelecidos e requisitos definidos.	X	X
Teste(s) e validação conceitual e/ou experimental do(s) método(s) selecionado(s).	4	Testes e validação realizados.		X
Procedimento para medição e calibração realizado.	5	Procedimento implementado.		X
Bolsista capacitado/habilitado atividades de interesse da área de metrologia, com ênfase em calibração de grandezas mecânicas.	6	Atividades habilitadoras executadas e evidenciadas.		X
Documentação geral da atividade realizada.	7	Relatório.		X

8.7.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Revisão de métodos realizada.	1	Informações bibliográficas definidas.	X	
Método(s) passíveis de aplicação definido(s).	2	Método(s) determinado(s).	X	
<i>Setup</i> proposto para medição e calibração apresentado.	3	Equipamentos definidos e requisitos apresentados.	X	X
Testes e validação conceitual e/ou experimental concluído(s).	4	Estudo(s) executado(s).		X
Procedimento desenvolvido	5	Procedimento validado		X
Capacitação/habilitação em atividades de interesse da área de metrologia / realizadas.	6	Capacitações/habilitações evidenciadas.		X
Relatório concluído	7	Relatório elaborado.		X

8.7.8 – Recursos Solicitados

Custeio

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

Bolsas

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	D	2.860,00	04	1	11.440,00
Total (R\$)					11.440,00



8.7.9 – Equipe do Projeto

Bolsista modalidade PCI-DD;

Liangrid Lutiani da Silva (Bolsista PCI);

Ricardo Suterio (Supervisor).

8.7.10 - Referências Bibliográficas

[1] ISO/IEC, “ISO/IEC 17025:2017 - General requirements for the competence of testing and calibration laboratories,” *International Standard Organization - ISO & International Electromagnetic Commission - IEC*. ISO/IEC, 2017.

[2] A. R. de S. Armando Albertazzi G. Junior, *Fundamentos de Metrologia Científica e Industrial*. Editora Manole, 2017.

[3] P. P. N. do R. Alexandre Mendes, *Metrologia e Incerteza de Medição - Conceitos e Aplicações*, 1^a edição. LTC, 2019.

[4] R. k. Rajput, *Mechanical Measurement & Instrumentation*, Softcover. s. k. kataria, 2013.

[5] N. V. Raghavendra and L. Krishnamurthy, *Engineering Metrology and Measurements*. New Delhi, India: Oxford University Press, 2013.

[6] Casa Civil da Presidência da República and IPEA, *Avaliação de Políticas Públicas - Guia prático de análise ex ante Volume 1*, 1st ed. Brasília: IPEA, 2018.

Projeto 9: CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS

Subprojeto 9.1: Assimilação de dados de radiância no aprimoramento da Previsão Numérica do CPTEC

9.1.1 – Introdução

O *Gridpoint Statistical Interpolation* (GSI) é um sistema de assimilação de dados em espaço físico que integra diversas funcionalidades explorando diferentes métodos de minimização e é capaz de ingerir dados de todos os principais sistemas observacionais (Cohn et al. 1998). Fruto de um processo de desenvolvimento colaborativo conta com a contribuição de diversas organizações dos Estados Unidos, sendo uma ótima opção para a atividades operacionais de assimilação de dados (Kleist et al. 2009). O Centro de Previsão de Tempo e Estudo Climáticos (CPTEC), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), visando aprimorar seu sistema de assimilação de dados tem adotado o GSI desde 2013 o qual permitiu que a ingestão de dados de radiância fosse operacionalizada pela primeira vez nesse centro (Azevedo et al. 2017). Diversos trabalhos foram desenvolvidos com o uso desse sistema de assimilação e os benefícios foram diretos e contribuíram para a melhoria da qualidade dos produtos de previsão numérica. Entre os dados de radiância, a assimilação de dados dos sensores de micro-ondas está diretamente relacionada a correta simulação de parâmetros como a temperatura da superfície terrestre, umidade e temperatura do solo e características da vegetação.

Estudos recentes realizados no CPTEC utilizando o sistema SMNA (Sistema de Modelagem Numérica e Assimilação), que é composto pelo GSI acoplado ao modelo *Brazilian Global Atmospheric Model* (BAM), evidenciaram que a maior eficiência do processo de assimilação de dados dos canais de micro-ondas tem uma relação direta com a boa representação das características da superfície pelo modelo de previsão. Em outro trabalho foi demonstrado que bons resultados na melhoria da representação das características da superfície são obtidos com a assimilação de dados de superfície. Embora essas pesquisas sejam fortemente correlacionadas, ainda não foram exploradas de forma conjunta para o aprimoramento do processo de assimilação de dados de radiância, o que é o tema principal dessa proposta. Assim, o objetivo deste projeto é investigar qual é a real contribuição da assimilação de dados de superfície para a assimilação de dados de radiância nos canais de micro-ondas usando o GSI com modificações e melhorias no operador de observação (CRTM). Com o desenvolvimento dessa proposta espera-se aprimorar não apenas a assimilação de dados dos canais de radiância, mas melhor aproveitar essa fonte de informação de forma mais generalizada, beneficiando de forma indireta a assimilação de todas as demais bases de dados.

Este subprojeto trata das atividades necessárias para atingir os objetivos específicos 3 e 4 do Projeto 9 do **CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS** do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE.

9.1.2 - Objetivo Geral

Melhorar e aprimorar os métodos de Assimilação de Dados de radiância, para obter uma análise meteorológica global comparável à dos demais centros operacionais.

Os objetivos específicos são:

1. Aprimorar o sistema de avaliação diagnóstica da assimilação de dados de radiância usando a ferramenta ReadDiag implementada em Python.
2. Avaliação o desempenho da assimilação de radiância no sistema de assimilação de dados do CPTEC-INPE, diagnosticando deficiências e aprimorando o processo.
3. Investigar os melhores ajustes no processo de assimilação de dados que envolve correção de bias, *thinning* da densidade dos dados, seleção de canais e demais possíveis fatores envolvidos ao uso eficiente dos dados de radiância;



9.1.3 – Insumos

9.1.3.1 – Custeio

9.1.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/ nível	Meses	Quant
9.1.1	Profissional graduado em Meteorologia, 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 2 (dois) anos; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 6 (seis) anos	Experiência em modelagem e desenvolvimento computacional	1-2-3	D-A	4	1

9.1.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			Out. 2023	Nov 2023	Dez 2023	Jan. 2024
1. Aprimoramento da ferramenta diagnóstica da assimilação de radiação no ReadDiag no Python.	1	Protocolo de avaliação da radiação implementado e aprimorado		X		
2. Avaliação da assimilação de dados de radiação no sistema SMNA pré operacional do INPE	2	Resultados com impacto da assimilação de dados de radiação evidenciado			X	
3. Investigar ajustes no correção de bias na assimilação de dados de radiação	3	Sistema GSI com a técnica de correções de bias testada				X
4. Investigar ajustes no <i>thinning</i> dos dados de radiação otimizando a relação densidade/impacto	3	Sistema GSI com uma avaliação no processo de <i>thinning</i> da radiação				X
5. Elaboração de relatórios e/ou artigos científicos para divulgação dos resultados obtidos na pesquisa	1-3	Relatórios e demais trabalhos técnicos e científicos		X		X



9.1.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Meses			
	Out. 2023	Nov 2023	Dez 2023	Jan. 2024
Atividade 1	X	X		
Atividade 2		X	X	
Atividade 3			X	X
Atividade 4				X
Atividade 5		X		X

9.1.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			Out. 2023	Nov 2023	Dez 2023	Jan. 2024
Diagnóstico do aprimoramento da assimilação de radiação nos resultados do BAM	1 e 2	Relatório técnico		X		
Versão do SMNA que potencialize o impacto dos dados de radiação na qualidade das previsões	3	Relatório técnico				X

9.1.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			Out. 2023	Nov 2023	Dez 2023	Jan. 2024
1. Aprimoramento do sistema de diagnóstico da assimilação de observações de radiação do GSI	1 e 2	Versão do GSI com melhores resultados na assimilação de radiação		X		
2. Otimização dos benefícios da assimilação de dados de radiação no GSI	3	Versão do SMNA com maior impacto dos dados de radiação nas previsões geradas				X

9.1.8 - Recursos Solicitados

9.1.8.1. Custeio:

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

9.1.8.2. Bolsas:

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



PCI-D	A	5.200,00	4	1	20.800,00
	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\$)					20.800,00

9.1.9 - Equipe do Projeto

Coordenador: Luiz Fernando Sapucci

Colaboradores:

João Gerd Zell de Mattos

Carlos Frederico Bastarz

Eder Paulo Vendrasco

Jose Antonio Aravequia

9.1.10 - Referências Bibliográficas consultadas

1. AZEVEDO, H. B.; De GONÇALVES, L. G. G.; BASTARZ, C. F.; SILVEIRA, B. B. **Observing System Experiments in a 3DVAR Data Assimilation System at CPTEC/INPE.** Weather and Forecasting, v. 32, n. 3, p. 873–880, 2017.
2. COHN, S. E., DA SILVA, A.; GUO, J.; SIENKIEWICZ, M.; LAMICH, D.; **Assessing the effects of the data selection with the DAO physical-space statistical analysis system.** Mon. Wea. Rev., 126, 2913- 2926, 1998.
3. KLEIST, D. T; PARRISH, D. F.; DERBER, J. C; TREADON, R.; WU, W-S; LORD, S., 2009: **Introduction of the GSI into the NCEP Global Data Assimilation System.** Monthly Weather Review, p.1691-1705. DOI: 10.1175/2009WAF2222201.1.

PROJETO 9 – CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS

Subprojeto 9.2: Avaliação dos fluxos de calor entre o oceano e a atmosfera em saídas do modelo oceânico MOM6

9.2.1 – Introdução

O oceano tem se aquecido nas últimas décadas em resposta ao forçamento imposto pelo CO₂ atmosférico afetando, assim os fluxos de calor na interface oceano-atmosfera e outras variáveis importantes como o conteúdo de calor oceânico e o transporte de calor massa pelas correntes marinhas. A média global de temperatura de superfície do mar (TSM) aumentou aproximadamente 0.6 °C no período entre 1980-2020 e 0.88 °C de 2011 a 2020, em relação ao período 1850-1900. Essa taxa de aquecimento é distribuída espacialmente de forma desigual, com leve resfriamento observado em algumas regiões. Uma das principais formas do oceano liberar ou absorver calor é através de fluxos turbulentos de calor latente (HI) e sensível (Hs). Em modelos numéricos, esses fluxos são estimados através do método de parametrizações *bulk*, a partir de variáveis oceanográficas e meteorológicas e dependem, principalmente, da intensidade do vento e dos gradientes verticais de temperatura e umidade na interface oceano-atmosfera.

Em regiões oceânicas dominadas por processos dinâmicos complexos sujeitas, por exemplo, a intensos gradientes laterais de TSM e alta atividade de mesoescala, os fluxos de calor na interface oceano-atmosfera têm um papel importante na formação e manutenção de sistemas meteorológicos nas escalas espaciais regionais e globais, e também nas escalas temporais sinóticas a climáticas. A energia fornecida através dos fluxos de calor modifica a mistura vertical e representa um mecanismo modulador da atmosfera, principalmente na camada limite atmosférica marinha (CLAM). Como consequência, essas trocas de energia influenciam diversos processos atmosféricos de mesoescala e de escala sinótica como, por exemplo, a frontogênese, a geração de nuvens, as bandas de precipitação e a intensificação de sistemas frontais em médias latitudes. Diversos estudos sugerem que os fluxos de calor na interface oceano-atmosfera estão relacionados ao estado do mar e afetam a evolução das tempestades, modulando a taxa de precipitação. A variabilidade diurna da TSM e o resfriamento sensível devido à chuva são aspectos básicos da interação oceano-atmosfera, no entanto, são fenômenos importantes que ainda carecem melhor compreensão.

Devido à dificuldade de coleta de dados observacionais *in situ* no Oceano Global e à necessidade de se ampliar a cobertura espacial para entender os processos de trocas entre o oceano e atmosfera nas várias escalas temporais, os modelos numéricos tornaram-se ferramentas importantes. Assim sendo, os próprios modelos numéricos de clima ou de Sistema Terrestre possibilitam uma análise abrangente dos processos acoplados oceano-atmosfera e, através de projeções futuras, contribuem para a avaliação de impactos socioeconômicos e ambientais, auxiliando em políticas de mitigação e adaptação às mudanças climáticas. Porém, a quantificação do balanço de energia calorífica nos oceanos ainda é um desafio nos modelos climáticos devido às grandes incertezas associadas aos fluxos de calor na interface oceano-atmosfera, os quais são ainda discordantes entre os diferentes modelos em uso.

Neste contexto, a utilização de dados simulados numericamente a partir de um modelo oceânico como o MOM6 (*Modular Ocean Model*, versão 6), pode contribuir para um melhor entendimento tanto nos processos de trocas entre o oceano e a atmosfera em diversas escalas de tempo e espaço. O MOM6 é a unificação dos modelos oceânicos anteriores MOM5 e GOLD (*Generalized Ocean Layered Model*), desenvolvidos no GFDL (*Geophysical Fluid Dynamics Laboratory*, EUA). O MOM6 possui um conjunto abrangente de parametrizações de processos físicos, que faz com que seja adequado para modelagem de processos regionais oceânicos e também para a modelagem climática global incluindo projeções futuras.

O Projeto de Intercomparação de Modelos Acoplados (CMIP - *Coupled Model Intercomparison Project*), base científica do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change* - IPCC) fornece um sistema de modelos voltado à

compreensão das causas das mudanças climáticas globais e seus respectivos efeitos na sociedade. Este sistema, disponibilizado através da plataforma ESGF (*Earth System Grid Federation*), é uma colaboração internacional entre instituições e fornece simulações que representam o tempo passado/presente e os cenários climáticos futuros, sendo este último experimento numérico denominado de Caminho Socioeconômico Compartilhado (SSP). As projeções representam possíveis caminhos de desenvolvimento social e político para atender a variação da forçante radiativa designada até o final do século XXI. O CMIP6 inclui cenários com altas emissões de gases do efeito estufa até final do século (SSP5-85) e cenários de baixa emissão e/ou intermediários (onde o CO₂ permanece próximo dos níveis atuais até meados do século XXI, por exemplo o SSP2-45).

Conhecer os erros sistemáticos e tentar melhorar a representação de diversas variáveis fundamentais em modelos numéricos ainda é um grande desafio científico. É muito importante que se aumente a frequência temporal de observações *in situ*, bem como o aprofundamento de estudos utilizando modelos numéricos do oceano e da atmosfera a fim de proporcionar um aumento no conhecimento sobre comportamento climatológico das variáveis e processos determinantes para as interações oceano-atmosfera.

O presente trabalho tem como objetivo estratégico estabelecer um grupo de trabalho focado nos fluxos de calor entre o oceano e a atmosfera e métodos de análise operacionais na implementação e uso do modelo MONAN (*Model for Ocean-land-Atmosphere prediction*). O MONAN é uma iniciativa nacional para o estabelecimento de um modelo operacional, comunitário e unificado de Sistema Terrestre liderada pelo INPE. Como objetivo da componente de Oceanos e Criosfera do MONAN, espera-se aprimorar a capacidade nacional em simular o estado atual e futuro do oceano, que vem de encontro com as políticas de estado brasileiras. Essas políticas são descritas pelo MCTI no seu Plano Nacional de Implementação da Década da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável, mais conhecida como “Década do Oceano”, uma iniciativa da UNESCO para os anos 2020-2030. E este esforço contribui, diretamente, para um dos sete resultados esperados da década, que é assegurar “um oceano previsível, o qual a sociedade compreenda para que possa responder às alterações das suas condições”.

Este subprojeto consta no Projeto 9 - “Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos” do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE. Os objetivos do projeto estão alinhados com o objetivo específico 1, sobre o aprimoramento da modelagem numérica global e regional do sistema integrado atmosfera, oceano, superfície continental e aerossóis/química, e com o objetivo específico 5, que visa acompanhar a melhoria dos indicadores de desempenho global dos modelos dos melhores centros internacionais e superá-la para previsões de curto prazo sobre o Brasil e América do Sul.

9.2.2 - Objetivo Geral

O objetivo geral desse projeto é analisar as estimativas de fluxos de calor entre o oceano e atmosfera a partir de saídas do modelo MOM6 e da combinação de dados observacionais, reanálises oceânica e atmosférica e de outros modelos climáticos ou de sistema terrestre que compõe o CMIP6.

Objetivos Específicos

Objetivo Específico 1: Analisar a habilidade do modelo oceânico MOM6, para cenários de passado, presente e futuros (até 2100), em representar os padrões espaciais e temporais dos fluxos de calor na interface oceano-atmosfera em relação a outras bases de dados observacionais, reanálises oceânicas e atmosféricas e de modelos do CMIP6.



Objetivo Específico 2: Identificar e analisar os erros sistemáticos (bias e erro médio quadrático) dos fluxos de calor do modelo MOM6 em relação a outras bases de dados observacionais, reanálises oceânicas e atmosféricas e de modelos do CMIP6.

Objetivo Específico 3: Comparar as séries temporais dos fluxos de calor do modelo MOM6 com séries de tempo de dados observacionais obtidos a partir dos projetos PIRATA (*Prediction and Research Moored Array in the Tropical Atlantic*), INCT Criosfera (Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia da Criosfera), PNBoia (Programa Nacional de Boias) e SIMCosta (Sistema de Monitoramento da Costa Brasileira) e outros cujos dados já estão disponíveis livremente na internet ou no INPE.

9.2.3 - Insumos

9.2.3.1 – Custeio

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

9.2.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/ nível	Meses	Quant
9.2.1	Profissional formado em Meteorologia, Física, Engenharia, Oceanografia 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 em Meteorologia ou Oceanografia Física ou áreas afins há, no mínimo, 2 (dois) anos; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 6 (seis) anos	Técnicas de análise de séries temporais de dados ou modelagem numérica atmosférica e/ou oceânica	1 a 3	DA	4	1

9.2.4 - Atividades de Execução 2023/2024

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			Outubro/23	Novembro/23	Dezembro/23	Janeiro/24

<p>1) Aquisição e processamento de dados de saídas dos modelos MOM6, CMIP6, reanálises e de dados observacionais de fluxos de calor na interface oceano-atmosfera para o tempo passado/presente</p>	<p>1</p>	<p>Análises do desempenho do MOM6 para descrever a variabilidade espacial dos fluxos de calor entre o oceano e a atmosfera no clima passado/presente comparando com os dados observacionais, de reanálises e do CMIP6</p>	<p>Determinar os padrões espaciais dos fluxos de calor entre o oceano e a atmosfera das diferentes bases de dados</p>			
<p>2) Aquisição e processamento de dados de saídas dos modelos MOM6 e CMIP6 de fluxos de calor na interface oceano-atmosfera para os cenários futuros (SSP5-85)</p>	<p>1</p>	<p>Análises das projeções do MOM6 e CMIP6 para o clima futuro em relação ao clima presente/passado</p>		<p>Análise de sensibilidade do oceano global ao forçamento radiativo</p>		
<p>3) Análise de séries temporais dos fluxos de calor na interface oceano-atmosfera no oceano global</p>	<p>1,2</p>	<p>Análise da variabilidade e tendências dos fluxos de calor para o clima passado/presente e futuro</p>			<p>Análise da sensibilidade climática para as variáveis TSM, temperatura do ar, ventos e fluxos de calor em relação ao forçamento radiativo</p>	

4) Identificação das diferenças (bias) e erro médio quadrático entre os fluxos de calor na interface oceano-atmosfera em saídas do modelo MOM6 e outras bases de dados	2	Análise do desempenho do MOM6 e CMIP6 para o clima passado/presente comparando com os dados observacionais e reanálises			Avaliação do desempenho MOM6 e CMIP6 para o domínio global	
5) Aquisição, processamento e análise dos dados observacionais do PIRATA, PNBoia, INCT Criosfera e SIMCosta	3	Analisar as séries de tempo de fluxos de calor entre o oceano e a atmosfera e comparar com as saídas do modelo MOM6				Identificação dos bias e erro médio quadrático entre as séries de tempo

9.2.5 – Cronograma de Atividades 2023/2024

Atividades	Outubro/ 23	Novembro/23	Dezembro/23	Janeiro/ 24
1) Aquisição e processamento de dados de saídas dos modelos MOM6, CMIP6, reanálises e dados observacionais de fluxos de calor para o tempo passado/presente	X			
2) Aquisição e processamento de dados de saídas dos modelos MOM6 e CMIP6 de fluxos de calor para os cenários futuros (SSP5-85)		X		
3) Análise dos impactos das projeções de clima futuro nos fluxos de calor na interface oceano-atmosfera no oceano global			X	
4) Identificação das diferenças e erros do MOM6 com respeito ao CMIP6 na representação dos fluxos de calor na interface oceano-atmosfera no oceano global			X	
5) Aquisição, processamento e análise dos dados observacionais dos projetos PIRATA, PNBoia, INCT Criosfera e SIMCosta			X	X

9.2.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			Outubro/23	Novembro/23	Dezembro/23	Janeiro/24
Publicação de artigos para divulgação de resultados sobre performance do modelo acoplado MOM6	1,2,3	Número de artigos publicados			1 artigo submetido em revistas científicas indexadas	
Relatório Técnico sobre a avaliação da performance do modelo acoplado MOM6	2	Relatório Técnico apresentado				Apresentação de Relatório Técnico
Divulgação científica em congressos ou reuniões acadêmicas sobre a avaliação da performance do modelo MOM6	2	Poster, resumo e/ou apresentação oral		pôsteres ou apresentação oral		

9.2.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
Citações de artigos sobre modelagem do MOM6	1,2,3	Citações de artigos publicados em revistas indexadas	Aumentar o uso e o número de citações do desenvolvimento da modelagem numérica do Grupo de Oceanos-Criosfera
Citações de artigos sobre modelagem de fluxos de calor do MOM6	1,2,3	Citações de artigos publicados em revistas indexadas	Aumentar o número de citações dos produtos de modelagem de fluxos de calor do MOM6 desenvolvimento da modelagem numérica do Grupo de Oceanos e Criosfera



Aumento da rede de colaboradores que trabalham com os modelos MOM6 e CMIP	1,2,3	Número de colaboradores	Aumentar o número de centros de pesquisa e universidade que colaboram para o desenvolvimento dos modelos
Citações do Relatório Técnico sobre avaliação da performance do modelo MOM6 para o domínio global.	1,2,3	Número de citações em reuniões e relatórios técnico/científicos e/ou outras publicações	- Aumentar o número de citações da análise e avaliação do desempenho do MOM6

9.2.8 - Recursos Solicitados

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00	4	1	20.800,00
	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\$)					20.800,00

9.2.9 - Equipe do Projeto

Supervisor:
Ronald Buss de Souza (DIMNT)

Colaboradores:
Emanuel Giarolla (DIMNT)
Rosio Camayo Maita (DIMNT)
André Lanfer Marquez (DIMNT)
Fernanda Casagrande (bolsista Projeto SOAC Multiescala, DIMNT)



Projeto 9: CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS

Subprojeto 9.3: Previsão de Tempo Estendido no Contexto da Assimilação de Dados por Conjunto

9.3.1 – Introdução

Dentre suas diversas atividades de modelagem e operação, o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) é também um centro produtor de previsões numéricas de tempo estendido, com alcance de até 15 dias. O Sistema de Previsões por Conjunto global do CPTEC (SPCON) teve seu início no centro no ano 2000 (Coutinho, 1999) e é gerado a partir da perturbação das condições iniciais do *National Centers For Environmental Predictions* (NCEP), por meio de um algoritmo baseado em Funções Ortogonais Empíricas (EOF, do inglês *Empirical Orthogonal Functions*) para a perturbação da condição inicial controle. Desde o seu início, apesar de algumas melhorias terem sido implementadas, como por exemplo, a regionalização das perturbações e a inclusão de novas variáveis (Mendonça e Bonatti, 2009; Cunnhingham et al., 2015), o SPCON sempre foi executado utilizando a mesma análise controle, proveniente do NCEP (Bastarz, 2016). Mais recentemente, Bastarz (2017) apresentou uma forma alternativa para se melhorar a qualidade das análises do centro, com potencial para aplicações em previsão numérica de tempo. Esta técnica utiliza uma combinação entre uma matriz de covariâncias estática dos erros de previsão, calculada previamente com base nas previsões do modelo - aplicada ao *Gridpoint Statistical Interpolation/3D Variational* (GSI/3DVar), e uma outra, obtida com base no filtro de Kalman por conjunto (EnKF, do inglês *Ensemble Kalman Filter*). Esse sistema, denominado 3DEnVar, é capaz de atualizar as análises utilizadas no ciclo de assimilação de dados utilizando a estrutura do GSI/3DVar, as quais também podem ser exploradas para gerar previsões entre 15 dias e 30 dias. A perspectiva de aplicação deste sistema, permitirá que o centro forneça análises em escala global que possam ser utilizadas também para as previsões que se façam necessárias nas escalas de tempo estendido a subsazonal (S2S, do inglês *Subseasonal to Seasonal*), tal como já fora apresentado por Guimarães et al., (2019 e 2021), mas utilizando um conjunto de análises produzido pelo próprio centro provenientes do Sistema de Modelagem Numérica e Assimilação (SMNA), que integra os desenvolvimentos da assimilação de dados e modelagem em escala global

Este subprojeto trata das atividades necessárias para atingir os objetivos específicos 4 e 5 do Projeto 9 do **CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS** do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE.

9.3.2 - Objetivo Geral

Habilitar e aprimorar o sistema híbrido 3DEnVar, utilizando a infraestrutura variacional 3DVar e por conjunto do EnKF provenientes do GSI para previsões de tempo entre 7 e 15 dias, com vistas para a escala S2S.

Os objetivos específicos são:

1. Habilitação e testes do sistema GSI/3DEnVar utilizando a versão operacional do GSI/3DVar em escala global;
2. Verificação da aplicação do sistema GSI/3DEnVar nas escalas de tempo estendido e na escala S2S.

9.3.3 - Insumos

9.3.3.1 – Custeio

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



Capacitação em assimilação de dados, previsibilidade e sistemas de previsão por conjuntos	Diárias: R\$20.000 Passagens: R\$30.000	R\$ 50.000
---	--	------------

9.3.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria /nível	Meses	Quant
9.3.1	Profissional com formação em Meteorologia, Matemática, 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	Experiência em modelagem e desenvolvimento computacional	1-2	DA	4	1

9.3.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			Out.	Nov.	Dez.	Jan.
1. Habilitação do GSI/3DVar para funcionar com uma matriz híbrida 3DVar.	1	Ciclo de assimilação de dados do GSI/3DVar estabelecido.	X	X		
2. Realização de experimento cíclico do GSI/3DVar em previsões para até 30 dias.	2	Ciclo do GSI/3DVar estável.		X	X	X
3. Elaboração de um relatório científico para a divulgação dos resultados obtidos.	1-2	Produção do relatório científico.	X	X	X	X

9.3.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Meses			
	Out.	Nov.	Dez.	Jan.

Atividades	Meses			
	Out.	Nov.	Dez.	Jan.
Atividade 1	X	X		
Atividade 2		X	X	X
Atividade 3	X	X	X	X

9.3.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			Out.	Nov.	Dez.	Jan.
Diagnóstico do ciclo de assimilação de dados GSI/3DEnVar, utilizando matriz de covariâncias própria	1	Relatório técnico-científico.		X		
Versão GSI/3DEnVar habilitada em escala global que potencialize o impacto da análise global do GSI nas previsões do modelo BAM para escalas de tempo estendido a subsazonal.	2	Relatório técnico-científico.				X

9.3.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			Out.	Nov.	Dez.	Jan.
Aprimoramento da assimilação variacional 3DVar do GSI utilizando o EnKF	1	Versão do SMNA GSI/3DEnVar fornecendo análises melhores do que o GSI/3DVar		X		
Sistema de assimilação de dados com potencial para ser utilizada na previsão de tempo estendido e escala S2S.	2	Versão do SMNA GSI/3DEnVar com previsões adequadas para as escalas de tempo consideradas				X

9.3.8 - Recursos Solicitados

9.3.8.1 Custeio:

Custeio	Valor (R\$)



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

9.3.8.2 Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00	4	1	20.800,00
	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\$)					20.800,00

9.3.9 - Equipe do Projeto

Supervisor:

- Carlos Frederico Bastarz

Colaboradores:

- João Gerd Zell de Mattos
- Luiz Fernando Sapucci
- Eder Paulo Vendrasco
- Jose Antonio Aravéquia
- Sergio Henrique Soares Ferreira
- José Paulo Bonatti
- Caio Augusto Coelho

9.3.10 - Referências Bibliográficas consultadas

1. BASTARZ, C. F.; SAPUCCI, L. F.; BONATTI, J. P.; GONÇALVES, L. G. G. Sistema de Modelagem por Conjunto (SMC) (Versão Inicial V0.0). São José dos Campos: INPE, 2016. 98 p. IBI: <8JMKD3MGP3W34P/3M9Q9K5>. (sid.inpe.br/mtc-m21b/2016/08.17.14.20-NTC). Disponível em: <<http://urlib.net/rep/8JMKD3MGP3W34P/3M9Q9K5>>.
2. BASTARZ, C. F. Assimilação de dados global híbrida por conjunto-variacional no CPTEC. 2017. 275 p. (sid.inpe.br/mtc-m21b/2017/06.20.12.39-TDI). Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2017.
3. COUTINHO, M. M.: Previsão por conjuntos utilizando perturbações baseadas em componentes principais. São José dos Campos, 1999.



4. CUNNINGHAM, C., BONATTI J. P. e M. FERREIRA: "Assessing Improved CPTEC Probabilistic Forecasts on Medium-Range Timescale." *Meteorological Applications* 22 (3): 378–384. issn: 1469-8080. doi:10.1002/met.1464. <http://dx.doi.org/10.1002/met.1464>. 2015.
5. GUIMARÃES, B. S.; COELHO, C. A. S.; WOOLNOUGH, S. J.; KUBOTA, P. Y.; BASTARZ, C. F.; FIGUEROA, S. N.; BONATTI, J. P.; SOUZA, D. C.: Configuration and hindcast quality assessment of a brazilian global subseasonal prediction system. *QUARTERLY JOURNAL OF THE ROYAL METEOROLOGICAL SOCIETY*, v. n/a, p. n/a, 2019.
6. GUIMARÃES, B. S.; COELHO, C. A. S.; WOOLNOUGH, S. J.; KUBOTA, P. Y.; BASTARZ, C. F.; FIGUEROA, S. N.; BONATTI, J. P.; SOUZA, D. C.: An inter-comparison performance assessment of a Brazilian global sub-seasonal prediction model against four sub-seasonal to seasonal (S2S) prediction project models. *CLIMATE DYNAMICS*, v. 1, p. 1-17, 2021.
7. MENDONÇA, A. M., e J. P. BONATTI: "Experiments with EOF-Based Perturbation Methods and Their Impact on the CPTEC/INPE Ensemble Prediction System." *Monthly Weather Review* 137 (4): 1438–1459. doi:10.1175/2008MWR2581.eprint:http://dx.doi.org/10.1175/2008MWR2581.http://dx.doi.org/10.1175/2008MWR2581.1. 2009.



Projeto 9: Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos.

Subprojeto 9.4: Pesquisa e desenvolvimento da componente física do modelo unificado MONAN – microfísica de nuvens

9.4.1 – Introdução

A necessidade de prover a sociedade com informações de alta qualidade de previsão de tempo, clima sazonal e sub-sazonal é fundamental para minimizar os impactos socioeconômicos de fenômenos meteorológicos e climáticos que estão ocorrendo e poderão continuar a ocorrer nos próximos anos. Assim, o contínuo desenvolvimento de ferramentas e modelos atmosféricos é essencial para contribuir na aumentar o entendimento do sistema e fornecer melhores previsões de tempo e clima. Os modelos atmosféricos são compostos de complexas equações que representam o comportamento caótico e não linear do sistema e ao mesmo tempo inclui várias componentes que simulam outros processos físicos e químicos que ocorrem na atmosfera terrestre.

Uma adequada representação dos processos físicos úmidos da atmosfera nos modelos numéricos é de grande importância para uma representação realista da mesma. Historicamente, estes processos tem sido divididos em convecção profunda, convecção rasa e microfísica de nuvens, mais recentemente incluiu-se a camada limite úmida. O problema de microfísica de nuvens (microfísica) que trata as mudanças de fase da água na atmosfera e interage fortemente com os aerossóis, a transferência radiativa, entre outros, foi cronologicamente desenvolvido em paralelo com o de convecção profunda, mas que devido às limitações computacionais ficou restrito a modelos numéricos de área bastante limitada. Com o avanço em pesquisas básicas e de aspectos tecnológicos, a microfísica em versões simplificadas do tipo bulk foi portada para modelos globais na década de 1990 com adaptações específicas para modelos globais (e.g. Rotstayn, 1997). Os pontos importantes que possibilitaram a portabilidade foi uma melhor compreensão da interação entre escalas (Charney, 1948; Arakawa 2004), assim como uma maior familiaridade com os aspectos numéricos e suas adaptações necessárias. Por meio da microfísica foi possível incluir aspectos físicos como a distribuição das gotas de nuvem, gelo e vapor de água tanto em número como em massa, e como esta distribuição afeta outras componentes, tais como a convecção, processos radiativos, precipitação líquida e sólida, distribuição da temperatura, turbulência e fluxos de calor e momento (Manton and Cotton, 1977). As pesquisas em microfísica tem evoluído e no decorrer do desenvolvimento foram aplicadas para diversos problemas onde se ressaltou sua contribuição no desenvolvimento tanto de tempestades com forçamentos locais, como de precipitação associada com sistemas convectivos deslocantes com forçamento remoto (Hong and Lim, 2006; Morison, Thompson and Tatarskii, 2009). A aplicação da microfísica nos modelos tem contribuído a uma maior correspondência dos dados modelados e dados obtidos via sensoriamento remoto, tanto em distribuições espaciais instantâneas, como da correspondente evolução temporal.

O desenvolvimento do modelo numérico MONAN (Model for Ocean, Land, Atmosphere prediction) atualiza o compromisso com a sociedade mediante a incorporação da avanços no conhecimento dos processos físicos e de técnicas computacionais modernas. MONAN visa prever as condições nas escalas temporais desde umas poucas horas, para dias, meses, anos e décadas. Este desenvolvimento deve incorporar melhoras em referência a seus antecessores em termos de qualidade de seus produtos, flexibilidade de uso e eficiência computacional. O desenvolvimento comunitário abre as portas para uma cultura de desenvolvimento na América latina. O modelo tem como finalidade de contribuir a salvaguardar e mitigar possíveis prejuízos à população provocados por fenômenos associados com as condições atmosféricas e oceânicas. Tal desafio tem se tornado mais relevante com o aumento da frequência de eventos extremos tanto de precipitação, estiagens, ou inclusive extremos de temperatura. Eventos extremos tem sido verificados tanto em nível global, regional e local. Entre 2013 e 2022, o Brasil registrou milhares de desastres naturais e os prejuízos ultrapassam R\$ 341,3 bilhões. Os dados são de estudo da Confederação Nacional de Municípios (CNM) incluindo secas e excessos de chuvas. Segundo um levantamento da Fiocruz para um período mais longo (de 15 anos), os desastres associados com a hidrologia, responderam por 88.5% dos custos totais. Dentro destes extremos, aqueles associados com precipitações intensas que em poucas horas alcançaram volumes que ultrapassaram por muito as normais mensais, temos os eventos de Minas Gerais 2020; Petrópolis Fevereiro de 2022; São Sebastião, no litoral de São Paulo, Fevereiro 2023 e ou de Bertioga (também em 2023). Estudos como o de

Hong e Lim 2006 mostram que os volumes de precipitação simulados pelos modelos podem ser afetados pela complexidade com que são tratados as variáveis da microfísica, e pelos processos físicos implementados, em particular Hong e Lim, 2006 modificaram processos associados com o granizo, assim como também alteraram de forma conveniente a ordem no qual os processos da microfísica são utilizados dentro do modelo numérico e com isto obtiveram uma melhor representação ao interior das nuvens tanto na distribuição vertical da temperatura e umidade, como da precipitação sob o solo. Isto impactou nos fluxos de calor sensível e latente, na transferência radiativa e na turbulência da camada limite. Desta forma, este tipo de pesquisas transitam entre o que pode ser considerado como pesquisas básicas e as aplicadas, tendo assim um papel importante na geração de conhecimento e formação de capacidades em termos de recursos humanos. Por outro lado, devido a que se estipula que o modelo MONAN possa ser aplicado para diversas escalas espaciais e temporais, e já é reconhecido que o grau de complexidade muda de acordo com a escala escolhida (Arakawa, 2004; Grell e Freitas, 2014), pois existe um compromisso entre as limitações do poder computacional e a velocidade com que a solução é requerida. Assim, para que a representação dos processos físicos a serem incluídos no modelo possam ter validade para as diferentes situações propostas. Se faz altamente necessário desenvolver as capacidades para contribuir com o desenvolvimento e para afrontar tal enorme e importante tarefa de forma adequada.

Propõe-se a construção de uma interface e um framework que permitam testar as vantagens de diferentes códigos de microfísica em diferentes situações e experimentos idealizados relevantes para a região e para o Brasil, e desta forma gerar conhecimento útil para a escolha da suíte de parametrizações físicas a serem escolhidas para o MONAN com ênfase na microfísica de nuvens. Os resultados científicos serão obtidos através de experimentos numéricos, que indicarão o comportamento e a sensibilidade das componentes das diferentes parametrizações de microfísica. Estes resultados deverão ser reportados mediante relatórios científicos contribuindo para a disseminação dos conhecimentos adquiridos durante a execução do projeto.

9.4.2 - Objetivo Geral

O objetivo geral deste subprojeto está de acordo com o Projeto 9 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE, e está vinculado ao objetivo específico 1 do Projeto Institucional da Área referente a desenvolver e aprimorar o modelo unificado atmosférico global, que seja útil para os sistemas de previsão de tempo e clima nas diversas escalas de espaço e tempo, conforme a apresentação exibida do Plano Diretor 2020-2023. Portanto, este subprojeto compreende em desenvolver atividades de pesquisa e desenvolvimento nas áreas de meteorologia, climatologia, hidrologia, meio ambiente, com ênfase em técnicas de modelagem da microfísica de nuvens. **Nas suas bases, o presente projeto busca desenvolver capacidades tanto em termos de recursos humanos, assim como de uma componente de aplicação. Com isto se espera contribuir na racionalização da escolha da microfísica a ser implementada no modelo MONAN e de se aproximar a um desenvolvimento contínuo das parametrizações de microfísica mediante a obtenção de um produto que possa auxiliar nos experimentos numéricos, e na quantificação da sensibilidade do modelo aos parâmetros microfísicos em futuras implementações.**

Objetivos Específicos:

Objetivo Específico 1: Estruturar um plano de desenvolvimento contínuo dos esquemas de microfísica de nuvens

1. Objetivo Específico 1.1: Criar e disponibilizar uma interface comum em Fortran e/ou Python para alguns dos principais códigos de microfísica de nuvens do tipo bulk disponíveis e utilizados na comunidade internacional (Morrison, Thompson 2007, Thompson 2009, WSM6 e WDM6). A interface deve ter seu respectivo makefile e ao mesmo tempo ser de fácil utilização por pesquisadores e alunos de graduação e pós-graduação.

2. Objetivo Específico 1.2: Documentar de forma sucinta em relatório padrão INPE as principais diferenças entre os esquemas de microfísica de nuvens acima citados.
3. Objetivo Específico 1.3: Desenvolver, testar e documentar experimentos numéricos simplificados (bidimensionais) com a interface, assim como com scripts para visualização dos resultados. Estes experimentos podem guiar na racionalização do potencial melhor esquema levando em conta as características identificadas no OE1.1 e OE1.2.

9.4.3 - Insumos

9.4.3.1 – Custeio
 não se aplica

9.4.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/ nível	Meses	Quant
9.4.1	Profissional com formação em Meteorologia, Física ou áreas afins e 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); ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 6 (seis) anos	Modelagem numérica atmosférica	1	DA	4	1

9.4.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2023-4
1) A partir dos código de parametrização de microfísica de nuvens usados nos modelos numéricos abertos, criar e disponibilizar uma interface comum para os diferentes códigos	1.1	A elaboração da interface para compilar e executar em ambiente Linux, consolidará o domínio prático; Os desenvolvimentos serão reportados em repositórios públicos.	- Selecionar os códigos a serem utilizados; - Escolher o tipo de programação de objetos que será seguido,; - Acompanhamento em repositórios e controle de versão; -Revisão da bibliografia dos códigos escolhidos. -Elaboração da interface e sua disponibilização.
2) Documentar as principais diferenças entre os esquemas de microfísica de nuvens	1.2	Finalização do relatório onde possa ser distinguido as principais diferenças entre os códigos incluídos. As escolhas feitas para a codificação/construção da interface também deverão ser aqui justificadas	- Elaboração de relatório padrão INPE permitirá o benefício de outros colaboradores; - As informações utilizadas nas etapas de seleção de códigos, abstração de programação e referências bibliográficas contribuirão

3) Desenvolver, testar e documentar experimentos numéricos simplificados com a interface para servir de guia na racionalização do potencialmente melhor esquema e das possíveis causas associadas as características identificadas no OE1.2.	1.3	A execução de pelo menos dois experimentos numéricos onde possa ser verificada a validade da proposta do trabalho tanto em condições de convecção local assim com em condições de propagação remota.	<ul style="list-style-type: none"> - Seleção de dois experimentos para representarem as condições escolhidas relevantes para a região e o Brasil; - Implementação destes experimentos para alimentar a interface (framework); - Seleção das variáveis a serem implementadas; - Elaboração dos scripts para visualização.
--	-----	--	--

9.4.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Meses							
	2023-4							
	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan
1) A partir de códigos/modelos numéricos de diversas fontes serão identificados os aspectos necessários para a construção da interface. Com ênfases nas microfísicas que não estão presentes nos modelos que o CPTEC já desenvolve.					x	x	x	x
2) A construção da interface estará acompanhada de documentação que servirá para a elaboração do relatório					x	x	x	x
3) Implementação de um framework que permita realizar simulações simplificadas com forçamento local								
4) Implementação de um framework que permita realizar simulações simplificadas com forçamento remoto					x	x	x	

9.4.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas								
			Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dec	Jan	
Relatório técnico sobre a interface, o framework e as microfísicas selecionadas	1	Relatório técnico apresentado									Finalização de relatório técnico

Framework da interface para experimentos com forçamento local	1	Software					Entrega do Software			
Framework da interface para experimentos com forçamento remoto	1	Software					Entrega do Software			
Interface para os esquemas de microfísica escolhidos	1	Software						Entrega do Software		

9.4.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas						
			Ago	Set	Out	Nov	Dec	Jan	
Relatório técnico sobre a interface, o framework e as microfísicas selecionadas	1	Relatório técnico apresentado			Permitirá consultas no desenvolvimento e pode criar um padrão para desenvolvimentos de outras componentes físicos do modelo; Documentação em controles de versão públicos pode atingir maior número de colaboradores e interessados.				
Framework da interface para experimentos com forçamento local	1	Software			Possibilidade de estudos comparativos das parametrizações de microfísica no caso de desenvolvimentos locais; Familiarização com códigos utilizados na comunidade internacional; Sugerir possíveis mudanças partindo dos experimentos realizados; Identificação do esquema que brinda melhores alternativas para ser implementado no MONAN.				
Framework da interface para experimentos com forçamento remoto	1	Software			Possibilidade de estudos comparativos das parametrizações de microfísica no caso de desenvolvimentos com forçamento remoto; Sugerir possíveis mudanças partindo dos experimentos realizados; Identificação do esquema que brinda melhores alternativas para ser implementado no MONAN.				



Interface para os esquemas de microfísica escolhidos	1	Software			Permitira implementações diretas no MONAN e inclusive facilitaria alternativas para os usuários.
--	---	----------	--	--	--

9.4.8 - Recursos Solicitados

Custeio:

Não se aplica

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00	4	1	20.800,00
	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\$)					20.800,00

9.4.9 - Equipe do Projeto

Supervisor: Enver Ramírez

Colaboradores:

Paulo Kubota (INPE – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/Brasil)
Saulo Freitas (INPE – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/Brasil)
Silvio Nilo Figueroa (INPE – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/Brasil)
Jorge Gomes (INPE – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/Brasil)
Jose Paulo Bonatti (INPE – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/Brasil)
Denis Eiras (INPE – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/Brasil)
Eduardo Khamis (INPE – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/Brasil)

9.4.10 - Referências Bibliográficas

Arakawa A: The cumulus parameterization problem: Past, present and future. J. Climate, 17, 2493-2525, 2004.

Charney J.G.: On the scale of atmospheric motions, Geofysiker Publikasjoner, vol 17, no 2, 1948.

Grell G. and S.R.Freitas: A scale and aerosol aware stochastic convective parameterization for weather and air quality modeling, Atmos. Chem. Phys. 14, 2014.

Hong S.-Y. And Lim J.-O. J.: The WRF single-moment 6-class microphysics scheme (WSM6). Journal of the Korean Meteorological Society, 42, 2, 129-151, 2006.



Manton M.J. and Cotton W.R.: Formulation of approximate equations for modeling moist deep convection on the mesoscale, paper no 266 Colorado State University, 1977

Morrison H.; G. Thompson and V. Tatarskii: Impact of Cloud Microphysics on the Development of Trailing Stratiform Precipitation in a Simulated Squall Line: Comparison of One- and Two-Moment Schemes, <https://doi.org/10.1175/2008MWR2556.1>, *Monthly Weather Review*, 2009

Rotstajn L.: A physically based scheme for the treatment of stratiform clouds and precipitation in large-scale models I: Description and evaluation of the microphysical processes. *Q.J.R.Meteorol.Soc.*, 123, 1227-1282, 1997

Outras Fontes:

Fiocruz:

<https://www.bio.fiocruz.br/index.php/br/noticias/2229-pesquisa-avalia-impactos-e-custos-de-desastres-naturais-no-brasil>

CNM: <https://www.cnm.org.br/comunicacao/noticias/em-quase-10-anos-municipios-acumulam-r-341-3-bilhoes-de-prejuizos-causados-por-desastres-naturais>

PROJETO 9: CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS

Subprojeto 9.5: Estudo da interação dos processos turbulentos-convecção-microfísica através de simulações de grandes turbilhões (*Large-eddy simulation-LES*).

9.5.1 – Introdução

Nas últimas décadas houve avanços significativos no desenvolvimento dos modelos globais de previsão numérica de tempo (PNT) como resultado de novos conhecimentos, novos sistemas de observação de dados (melhoria em sistemas de assimilação de dados) e avanços tecnológicos na supercomputação. Estes avanços científico-tecnológicos dos últimos anos, têm permitido uma revolução na PNT global em latitudes médias, com previsões confiáveis de até com 10 dias de antecedência. Entretanto, nas regiões subtropicais e tropicais (incluindo a América do Sul) a melhoria da PNT e previsão de clima subsazonal e sazonal tem sido pequeno. Eventos extremos de chuvas intensas e secas severas em diferentes regiões de Brasil tem ocorrido recentemente com muitas perdas humanas e econômicas, e os modelos numéricos (incluindo modelos globais, regionais e acoplados, americanos, europeus e brasileiros) não conseguiram fazer as previsões destes eventos. Exemplos de eventos extremos de tempo não previstos, Rio de Janeiro, Petrópolis (fevereiro, 2022) e Bahia (dezembro 2022), e exemplo de eventos extremos de clima, as secas prolongadas de Nordeste 2012-2017 e Sudeste 2020-2022. Porque nas regiões tropicais e subtropicais, em especial na América do Sul todos os modelos falham na previsão de eventos extremos de tempo e clima?

Uma hipótese é a falta de uma dinâmica adequada (para a complexa topografia da América do Sul) e/ou a falta de parametrizações físicas realistas (para trópicos e subtópicos) nos modelos numéricos atmosféricos. O foco deste projeto é explorar esta segunda parte, os processos físicos. As parametrizações devem simular bem o processo de desenvolvimento das nuvens (desde sua iniciação, maturação, até sua dissipação) nas regiões tropicais (exemplo na Amazonia) e subtropicais (exemplo no sul do Brasil/Uruguai/Norte da Argentina, conhecida como a região de La Plata), em especial no seu ciclo diurno. A maioria das parametrizações físicas, tais como convecção, microfísica e processos turbulentos (em especial na camada limite planetária -PBL), foram desenvolvidas para latitudes medias, onde a propagação das ondas de Rossby são dominantes na circulação atmosférica de grande escala. Entretanto, nos trópicos, as ondas, tropicais, como as ondas de Rossby, Kelvin, gravidade, e mistas Rossby-gravidade são dominantes, e existe uma interação dentre elas, o que torna complexo a representatividade das parametrizações dos processos físicos desenvolvidas para latitudes medias, em especial das nuvens convectivas que dependem muito das condições atmosféricas de grande escala. Aqui nossa proposta é entender os mecanismos físicos que estão detrás do desenvolvimento das nuvens convectivas, usando um modelo de nuvens chamado de 'Simulações de grandes turbilhões' (em inglês, *Large-eddy simulation-LES*) com grade horizontal ≤ 100 m. Existem vários modelos LES na comunidade internacional, entretanto, no CPTEC nos últimos anos se tem investido no modelo SAM (System for Atmospheric Modeling, Khairoutdinov, 2022) que tem opção para usar LES (SAM/LES) com vários esquemas de turbulência e microfísica. Dr. Marat Khairoutdinov que desenvolveu este modelo visitou ao CPTEC e treinou pesquisadores do INPE. Assim, a grande vantagem de usar este modelo de nuvens, é a experiencia obtida através de vários trabalhos. Exemplos, Gonçalves et al. 2022, Manco e Figueroa 2023 (submetido).

Portanto, o foco deste projeto é entender os mecanismos dinâmicos e termodinâmicos da formação das nuvens convectivas, seu ciclo diurno e suas interações com processos turbulentos e microfísicos através de uso de um modelo de nuvens SAM/LES, com dados dos experimentos GoAmazon (trópico, Giagrande et al. 2017) e Relampago (subtópico, Nesbitt et al. 2021) para contribuir na melhora das parametrizações da PBL, convecção e Microfísica no futuro modelo do INPE, MONAN (Model for Ocean, Land, Atmosphere prediction).

Os novos estudos com relação aos trabalhos anteriores ou em andamento são: 1) estudo das interações entre os diferentes processos físicos na Amazônia, que ainda não foram estudadas (exemplos, interações PBL-convecção e convecção-microfísica, 2) a inclusão do recente



experimento de campo, RELAMPAGO na região de La Plata, que permitira estudar a formação de nuvens convectivas severas com formação de granizo no Sul do Brasil, e 3) a formação de nuvens convectivas noturnas no Sul do Brasil que ainda não está entendida. Estes estudos na região de La Plata, permitiram melhorar as parametrizações da simulação de sistemas convectivos de mesoescala (SCMs) que ocorrem com frequência no Sul do Brasil.

Este subprojeto consta no Projeto 09 - PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS ESPACIAIS E SUAS APLICAÇÕES do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE.

Este projeto está vinculado ao TAP: Modelo MONAN.

9.5.2 - Objetivo Geral

Estudar os mecanismos dinâmicos e termodinâmicos que favorecem a formação das nuvens convectivas, seu ciclo diurno e suas interações com processos turbulentos e microfísicos na região tropical (Amazonas) e subtropical (Sul do Brasil) usando um modelo de nuvens e dados de experimentos de campo. A importância deste projeto é contribuir no desenvolvimento das parametrizações físicas de PBL, convecção e microfísica do futuro modelo comunitário do INPE, MONAN.

9.5.2.1 Objetivos específicos

- 1) Treinamento do novo bolsista com modelo de nuvens SAM/LES com dados do experimento GoAmazon2014/15.
 - a) Instalação do modelo e seus sistemas de pré-processamento e pós-processamento.
 - b) Simulações de formação da convecção rasa e profundas, e reproduzir os experimentos já feitos.

- 2) Interação da turbulência com nuvens convectivas rasas.
 - a) Estudos de sensibilidade da formação das nuvens a diferentes esquemas de processos turbulentos.
 - b) Estudos de sensibilidade da formação das nuvens com diferentes forçantes da superfície (mudanças nos fluxos de calor latente e sensível e umidade de solo).

- 3) Interação da turbulência com as nuvens convectivas profundas.
 - a) Estudos de sensibilidade da formação das nuvens a diferentes esquemas de processos turbulentos.
 - b) Estudos de sensibilidade da formação das nuvens com diferentes forçantes da superfície (mudanças nos fluxos de calor latente e sensível e umidade de solo).

- 4) Impacto da Microfísica na formação de nuvens rasas.
 - a) Estudos de sensibilidade da formação das nuvens a diferentes esquemas de Microfísica.
 - b) Estudo do impacto dos processos turbulentos e microfísicos no crescimento das nuvens convectivas rasas.

- 5) Impacto da Microfísica na formação de nuvens profundas.
 - a) Estudos de sensibilidade da formação das nuvens a diferentes esquemas de Microfísica.



- b) Estudo do impacto da interação dos processos turbulentos e microfísicos na transição de cumulus rasos para nuvens convectivas profundas.
- 6) Impacto da Microfísica e PBL na formação de nuvens profundas noturnas e diurnas com dados do experimento RELAMPAGO.
 - a) Impacto da PBL-Microfísica na formação de nuvens convectivas profundas noturnas na região de La Plata.
 - c) Impacto da PBL-Microfísica na formação de nuvens convectivas profundas no ciclo diurno da precipitação no experimento RELAMPAGO.

9.5.3 - Insumos

9.5.3.1 – Custeio

Não se aplica

9.5.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quant
9.5.1	Profissional com formação em Meteorologia, Matemática, 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.	Experiência com LINUX, programação em Fortran (para trabalhar com modelos) e python (para gráficos) Experiencia com diferencias finitas Ter interesse e motivação para estudar as nuvens	1	DA	4	1

9.5.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	2023/jan24
1) Treinamento com modelo de nuvens SAM/LES com dados do experimento GoAmazon2014/15	1a, 1b	Treinamento realizado	Instalar o modelo de nuvens. Realizar experimentos de teste
2) Interação de PBL com nuvens convectivas rasas.	2a, 2b	Experimentos da interação PBL-nuvens rasas realizados	Realizar experimentos da interação PBL-nuvens

3) Interação de PBL com nuvens convectivas profundas.	3a, 3b	Experimentos da interação PBL-nuvens profundas realizados	Realizar estudos da interação PBL-nuvens profundas
4) Impacto da Microfísica na formação de nuvens rasas.	4a e 4b	Experimentos de Microfísica na formação de nuvens rasas realizados	Realizar experimentos com microfísica na formação de nuvens rasa
5) Impacto da Microfísica na formação de nuvens profundas.	5a,5b	Experimentos, de impacto da Microfísica na formação de nuvens profundas realizadas	Realizar experimentos com microfísica na formação de nuvens profundas
6) Experimento RELAMPAGO.	6a,6b	Experimentos de RELAMPAGO realizadas	Realizar experimentos com dados de RELAMPAGO

9.5.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Meses			
	set-dec2023			
	set	oct	nov	dec
Atividade 1				
Atividade 2				
Atividade 3	X			
Atividade 4	X	X		
Atividade 5		X	X	X
Atividade 6			X	X

9.5.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	set-dec2023
			Treinamento com LES/SAM realizado
Estudo da interação PBL-nuvens rasas realizado	2a, 2b	Relatório PBL-convecção rasa	Estudo da interação PBL-nuvens rasas realizado
Estudo da interação PBL-nuvens profundas realizado	3a, 3b	Relatório PBL-convecção profunda	Estudo da interação PBL-nuvens profundas realizado



Estudo do impacto da Microfísica na formação de nuvens rasas realizado	4a, 4b	Relatório Microfísica-convecção rasa	Estudo Microfísica-nuvens rasas realizado
Estudo do impacto da Microfísica na formação de nuvens profundas realizado	5a, 5b	Relatório Microfísica-convecção profunda	Estudo Microfísica-nuvens profundas realizado
Estudo das nuvens com dados do experimento RELAMPAGO realizados	6a, 6b	Relatório Experimento RELAMPAGO	Estudo das nuvens do experimento RELAMPAGO realizados

9.5.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	2023/jan24
Treinamento com LES/SAM realizado	1a, 1b	Relatório revisado	Os resultados de treinamento avaliados
Estudo da interação PBL-nuvens rasas finalizado	2a, 2b	Relatório publicado	Interação PBL-nuvens rasas avaliada
Estudo da interação PBL-nuvens profundas finalizado	3a, 3b	Relatório publicado	A interação PBL-nuvens profunda avaliada
Estudo do impacto da Microfísica na formação de nuvens rasas finalizado	4a, 4b	Relatório publicado	O impacto da microfísica nas nuvens rasas avaliado
Estudo do impacto da Microfísica na formação de nuvens profundas finalizado	5a, 5b	Relatório publicado e um artigo submetido	O impacto da microfísica nas nuvens profundas avaliado
Estudo das nuvens com dados do experimento RELAMPAGO finalizado	6a, 6b	Relatório entregue	O impacto da PBL e microfísica nas nuvens convectivas no subtópico avaliado.

9.5.8 - Recursos Solicitados

9.5.8.1 Custeio.

Não se aplica

9.5.8.2 Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00	4	1	20.800,00
	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\$)					20.800,00

9.5.9 Equipe do Projeto

Coordenador: Silvio Nilo Figueroa

Colaboradores:

Paulo Kubota (pesquisador INPE)
 Enver Ramirez (pesquisador INPE)

Paulo Bonatti (pesquisador INPE)

Haroldo Campos (pesquisador INPE)

Jhonatan A. A. Manco (bolsista PCI)

Paulo Antunes (aluno de doutorado da PGMET)

Colaboração de instituições externas ao INPE

Universidade UNIPAMPA (camada limite planetária-PBL)

Universidade Estadual de Ceara (microfísica)

Universidade Federal de Rio de Janeiro (microfísica)

NCAR-USA (microfísica)

UKMET-UK (convecção)

Stony Brook University, USA (SAM/LES)

9.5.10 Referências Bibliográficas

- Giangrande, S. E., et al. 2017. Cloud characteristics, thermodynamic controls and radiative impacts during the Observations and Modeling of the Green Ocean Amazon (GoAmazon2014/5) experiment, *Atmos. Chem. Phys.*, 17, 14519–14541, <https://doi.org/10.5194/acp-17-14519-2017>.
- Goncalves, L. J. M., Coelho, S. M. S. C., Kubota, P. Y., and Souza, D. C.: Interaction between cloud-radiation, atmospheric dynamics and thermodynamics based on observational data from GoAmazon 2014/15 and a cloud-resolving model, *Atmos. Chem. Phys.*, 22, 15509-15526, <https://doi.org/10.5194/acp-22-15509-2022>, 2022.
- Nesbitt, S. W., Salio, P. V., Ávila, E., Bitzer, P., Carey, L., Chandrasekar, V., ... & Grover, M. A. (2021). A storm safari in subtropical South America: Proyecto RELAMPAGO. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 102(8), E1621-E1644.
- Khairoutdinov, M. F., and D. A. Randall, 2003. Cloud resolving modeling of the ARM summer 1997 IOP: Model formulation, results, uncertainties, and sensitivities, *J. Atmos. Sci.*, 60(4), 607–625. [https://doi.org/10.1175/1520-0469\(2003\)060<0607:CRMOTA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(2003)060<0607:CRMOTA>2.0.CO;2)
- Khairoutdinov, M. F., Blossey, P. N., & Bretherton, C. S. (2022). Global System for Atmospheric Modeling: Model Description and Preliminary Results. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, e2021MS002968.



Projeto 9: CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS

Subprojeto 9.6: Atualização e evolução da infraestrutura de supercomputação da Coordenação de Infraestrutura de Dados e Supercomputação (COIDS/CGIP) que disponibiliza infraestrutura para pesquisa, desenvolvimento e operação dos modelos de previsão numérica de tempo e clima do INPE

9.6.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 09 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE. Está relacionado ao Termo de Abertura de Projeto (TAP) disponível no processo SEI 01340.007463/2021-47.

À Coordenação de Infraestrutura de Dados e Supercomputação da Coordenação Geral de Infraestrutura e Pesquisas Aplicadas compete manter atualizados e operacionais os sistemas de supercomputação e armazenamento de dados do Instituto, manter a operação plena dos sistemas de supercomputação do Instituto, prover uma infraestrutura computacional e de supercomputação, com alta disponibilidade e performance, aplicada às áreas finalísticas do INPE. Em decorrência da alta demanda por serviços de supercomputação e de cluster de processamento de alto desempenho (HPC), faz-se necessária a capacitação de recursos humanos nas áreas de processamento de alto desempenho e sistemas de armazenamento de dados paralelo e de alta performance.

Este projeto contempla a instalação, configuração e implementação de sistemas de armazenamento de dados para clusters de processamento de alto desempenho para atender demandas de projetos de pesquisa em tempo e clima do Instituto.

Esse sistema de armazenamento de dados para clusters de processamento de alto desempenho deve contemplar soluções de HPC, como sistemas de armazenamento de dados paralelo e de alta performance BeeGFS (<https://www.beegfs.io/c/>), Lustre (<https://www.lustre.org/>), as bibliotecas científicas utilizadas pelo INPE e o monitoramento da performance e da utilização do cluster HPC e a administração dos usuários e grupos. Esta solução deve interagir com outras tecnologias de clusters de processamento de alto desempenho (Rock Clusters (<http://www.rocksclusters.org/>) ou openHPC (<https://openhpc.community/>) ou OpenCattus (<http://versatushpc.com.br/opencattus/>), o gerenciador de recursos computacionais (<https://slurm.schedmd.com/documentation.html>).

9.6.2 - Objetivo Geral

O Objetivo Geral deste projeto é a capacitação institucional na área de supercomputação, processamento de alto desempenho e armazenamento de dados de alta performance do INPE, com foco nos sistemas de armazenamento de dados que atendem as plataformas HPC.

A Coordenação de Infraestrutura de Dados e Supercomputação - COIDS - mantém sistemas computacionais de alto desempenho destinados à previsão numérica de tempo, de clima e de variáveis ambientais e pesquisas correlatas. Fornece recursos computacionais que apoiam o desenvolvimento de atividades de processamento de alto desempenho, de técnicas de otimização, vetorização e paralelização aplicadas aos modelos numéricos para previsão de tempo e clima.

Para realização do objetivo geral citado é necessário o vínculo dos seguintes objetivos específicos:

Objetivo Específico:

Instalação, configuração, implementação e monitoramento sistemas de armazenamento de dados para clusters de processamento de alto desempenho da COIDS/CGIP/INPE. Para alcançar os resultados devem ser abordados os seguintes itens:



OE1: Estudo comparativo das soluções (BeeGeeFs, Quantum Stornext, Lustre etc.) sistemas de armazenamento de dados para clusters de processamento de alto desempenho;

OE2: Instalação, configuração e implementação da solução de armazenamento para HPC escolhida;

OE3: Instalação, configuração e implementação da gerenciador de recursos computacionais;

OE4: Instalação, configuração e implementação do sistema de armazenamento de dados paralelo de alta performance BeeGFS e Lustre.

OE5: Monitoramento e acompanhamento da utilização e performance dos sistemas de armazenamento de dados para cluster de processamento de alto desempenho.

9.6.3 – Insumos

9.6.3.1 – Custeio

Não se aplica

9.6.3.1 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/ nível	Meses	Quant
9.6.1	Profissional com diploma de nível superior em Ciências da Computação, Engenharia da Computação, Tecnologia da Informação ou áreas afins e experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação.	a) Experiência em Python e Shell script; b) Experiência na metodologia ágil SCRUM; c) Experiência em Linux	1,2,3,4,5	D-D	4	1

9.6.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Estudo comparativo das soluções (BeeGeeFs, Quantum Stornext, Lustre etc.) de armazenamento de dados para clusters de processamento de alto desempenho	OE1	Entrega de relatório com as vantagens e desvantagens de casa solução	Aquisição de conhecimento na área de processamento de alto desempenho	Aquisição de conhecimento na área de processamento de alto desempenho

Instalação, configuração e implementação da solução para HPC escolhida	OE2	Integração dos servidores, switches e instalação da solução de HPC escolhida	Instalar, configurar e implementar a solução de HPC escolhida	Instalar, configurar e implementar a solução de HPC escolhida
Instalação, configuração e implementação do gerenciador de recursos computacionais	OE3	Gerenciador de recursos computacionais instalado, configurado e implementado	Instalar, configurar e implementar o gerenciador de recursos computacionais .	Instalar, configurar e implementar o gerenciador de recursos computacionais
Instalação, configuração e implementação do sistema de armazenamento de dados paralelo de alta performance BeeGFS e Lustre.	OE4	sistema de armazenamento de dados paralelo de alta performance BeeGFS e Lustre instalado, configurado e implementado	Instalar, configurar e implementar o sistema de armazenamento de dados paralelo de alta performance BeeGFS e Lustre.	Instalar, configurar e implementar o sistema de armazenamento de dados paralelo de alta performance BeeGFS e Lustre.
Monitoramento e acompanhamento da utilização e performance do sistema de armazenamento de dados para clusters de processamento de alto desempenho.	OE5	Relatório estatísticos de utilização e performance do cluster HPC. Relatório de problemas e soluções do cluster HPC	Monitorar a utilização e performance do sistema de HPC. Administração de usuários e grupos no sistema HPC	Monitorar a utilização e performance do sistema de HPC. Administração de usuários e grupos no sistema HPC

9.6.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre			
	2023		2024	
	1	2	1	2
Estudo comparativo das soluções (BeeGeeFs, Quantum Stornext, Lustre etc.) de armazenamento de dados para clusters de processamento de alto desempenho				
Instalação, configuração e implementação da solução HPC e do sistema de armazenamento de dados paralelo e alta performance				
Instalação, configuração e implementação do sistema de armazenamento de dados paralelo e alta performance escolhido				

Monitoramento e acompanhamento da utilização e performance do sistema de armazenamento para clusters de processamento de alto desempenho.				
---	--	--	--	--

9.6.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Relatório	OE1	Entrega de relatório com as vantagens e desvantagens de casa solução	Aquisição de conhecimento na área de processamento de alto desempenho e sistema de armazenamento de dados de alta performance	Aquisição de conhecimento na área de processamento de alto desempenho e sistema de armazenamento de dados de alta performance
Cluster HPC implementado e disponível para uso	OE2	Integração dos servidores, switches e instalação da solução de HPC escolhida	Instalar, configurar e implementar a solução de HPC escolhida	Instalar, configurar e implementar a solução de HPC escolhida
Sistema de armazenamento de alta performance e paralelo implementado e disponível para uso	OE3	sistema de armazenamento de dados paralelo e alta performance instalado, configurado e implementado	Instalar, configurar e implementar o sistema de armazenamento de dados paralelo e alta performance	Instalar, configurar e implementar o sistema de armazenamento de dados paralelo e alta performance
Sistema de armazenamento e Cluster HPC monitorados e disponíveis para uso	OE4	Relatório estatísticos de utilização e performance sistema de armazenamento de dados de alta performance junto ao cluster HPC. Relatório de problemas e soluções do cluster HPC	Monitorar a utilização e performance do sistema de armazenamento de dados de alta performance junto ao ambiente HPC. Administração de usuários e grupos no sistema HPC	Monitorar a utilização e performance do sistema de armazenamento de dados de alta performance junto ao sistema de HPC. Administração de usuários e grupos no sistema HPC

9.6.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024

Definição da solução de sistema de armazenamento de dados de alta performance para clusters de processamento de alto desempenho	OE1	Entrega de relatório com as vantagens e desvantagens de casa solução de armazenamento de dados de alta performance	Aquisição de conhecimento na área de processamento de alto desempenho e de armazenamento de dados de alta performance	Aquisição de conhecimento na área de processamento de alto desempenho e de armazenamento de dados de alta performance
Integração do hardware e software de processamento de alto desempenho e sistema de armazenamento de dados de alta performance	OE2	Integração dos servidores, switches e instalação da solução de HPC e sistema de armazenamento de dados de alta performance	Instalar, configurar e implementar a solução de HPC e sistema de armazenamento de dados de alta performance	Instalar, configurar e implementar a solução de HPC e sistema de armazenamento de dados de alta performance
Sistema de armazenamento de dados implementado e disponível para uso	OE3	sistema de armazenamento de dados paralelo e alta performance escolhido instalado, configurado e implementado	Instalar, configurar e implementar o sistema de armazenamento de dados paralelo e alta performance	Instalar, configurar e implementar o sistema de armazenamento de dados paralelo e alta performance
Sistema de armazenamento de dados de alta performance e Cluster HPC monitorado e disponível para uso	OE4	Relatório estatísticos de utilização e performance do cluster HPC. Relatório de problemas e soluções do cluster HPC	Monitorar a utilização e performance do sistema de HPC. Administração de usuários e grupos no sistema HPC	Monitorar a utilização e performance do sistema de HPC. Administração de usuários e grupos no sistema HPC

9.6.8 - 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			
	D	2.860,00	4	1	11.440,00
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			



	2	4.550,00			
Total (R\$)					11.440,00

9.6.9 - Equipe do Projeto

Ivan Márcio Barbosa

Diego Mota Siqueira

Roberto Carlos Freitas

9.6.10 - Referências Bibliográficas

[1] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Plano Diretor do INPE 2022-2026: São José dos Campos, 2022.



Projeto 10: PROJETO INTEGRADOR DO COCST PARA MUDANÇAS AMBIENTAIS

Subprojeto 10.1: Desenvolvimento e aplicação de ferramentas para processamento e interpretação de base de dados de grande volume de gases de efeito estufa do projeto CARBAM

10.1.1 – Introdução

O Projeto atual denominado “*Variação Interanual do Balanço de Gases de Efeito Estufa na Bacia Amazônica e seus controles em um mundo sob aquecimento e mudanças climáticas/ Estudo de Longo termo do Balanço do Carbono da Amazônia*” TAP (processo SEI: 01340.007294/2021-45) tem como objetivo estudar o Balanço de CO₂, CH₄, N₂O e CO da Amazônia (saldo entre as emissões e absorções) e estudo do impacto da ação humana e da variação climática nos processos de absorção e emissão destes gases na Amazônia.

A Amazônia representa mais de 50% das Florestas tropicais do planeta e necessita de estudos sobre seu papel no Balanço Global de Carbono e demais Gases de Efeito Estufa. A variabilidade tanto ao longo do ano, como de ano para ano é muito grande, o que demonstra necessitar de estudos que tenham longa representatividade temporal, além da representatividade Geográfica.

Além da importância de se elucidar esta informação, ainda temos questões de extrema importância: Qual o efeito das mudanças climáticas na Amazônia? e qual a contribuição da Amazônia nas mudanças climáticas, devido as mudanças do uso da terra que ocorrem na Amazônia?

Para se responder a estas questões necessitamos de estudos que tenham duas importantes características: Representatividade Espacial e temporal. Estudos utilizando perfis de avião tem a representatividade regional, necessária para representar a Amazônia, no entanto, quando falamos de ciclo de carbono necessitamos de no mínimo uma década de estudos.

O propósito principal deste projeto é determinar as consequências e efeitos da variação climática e da ação humana no balanço de GEE da Amazônia, causando alterações nos processos de absorção de gás carbônico e emissão de metano e demais gases pela floresta, bem como os efeitos do aumento da pressão humana direta.

Sua execução será realizada principalmente através da coleta regular de perfis verticais de amostras atmosféricas, utilizando aviões de pequeno porte. A estratégia de amostragem utilizando perfil vertical fornece uma representação em escala regional, para permitir a obtenção de uma média consistente sobre o que a Amazônia representa no balanço global de carbono e demais GEEs. Este projeto propõe uma observação de longo tempo (5 anos, somando-se a série iniciada em 2010), uma vez que a Amazônia apresenta grande variabilidade ano a ano no balanço de carbono, portanto é necessário um longo tempo de estudo para se obter uma média do balanço dos gases de efeito estufa. Quatro regiões de estudo com avião foram escolhidas para representar a maior parte da região Amazônica.

Serão realizadas aproximadamente 2 coletas de perfis verticais por mês (de 300m até 4500m) nas 4 localidades escolhidas. As localidades de estudo denominados de RBA (9.38°S 67.62°O) representando a região sudoeste-centro, TEF (3.39°S 65.6°O) região noroeste-centro, ALF (8.80°S 56.75°O) região sudeste e SAN (2.86°S 54.95°O) região nordeste. Os perfis verticais nestas 4 regiões conferem uma representatividade em torno de 80% da Pan-Amazônia, pois o ar entra pela costa brasileira, no litoral norte/nordeste do nosso continente, e atravessa toda a Amazônia, recebendo assim todas as contribuições de emissão e absorção dos Gases de Efeito Estufa ao longo da trajetória, representando a resultante de todos estes processos.

Juntamente com as medidas dos GEE e determinação de seus fluxos, serão estudadas variantes climáticas (precipitação, temperatura, quantidade de água no solo, déficit de vapor de água, etc) e outros parâmetros (área queimada, índice de verde da folhagem, etc) para se entender quais fatores afetam as emissões e absorções destes gases.

O entendimento destas correlações vai fornecer subsídios para tomada de decisão sobre a preservação da floresta e a ocupação e uso do solo em sua região.

Estes objetivos estão alinhados aos **Objetivos Estratégicos OE-19, OE-17 e OE-14 do Plano Diretor do INPE 2022-2026**, pesquisas que auxiliam na formulação de cenários de mudanças climáticas e ambientais futuras, que incluem além do ambiente físico as componentes



socioeconômicas, contribuindo com as metas assumidas pelo país em relação aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, da ONU.

Introdução do subprojeto

Os estudos do Projeto CARBAM utilizando perfis de avião em 4 localidades da Amazônia, geraram e ainda geram um grande volume de dados de concentrações de gases de efeito estufa. Dentre os gases medidos pelo projeto, estão os valores de concentração de alguns gases, tais como CO₂, CH₄, N₂O, CO, além do uso de parâmetros meteorológicos, dados de desmatamento, área queimada, e outros parâmetros importantes para a interpretação da funcionalidade da floresta Amazônica, tais como: déficit de vapor de água, quantidade de água no solo, índice de crescimento de vegetação, etc.

Devido a grande importância do papel da Amazônia no Balanço Global de Carbono e demais gases do efeito estufa, além da variabilidade do balanço de carbono ao longo do ano e também entre os anos de uma longa série temporal (2010-2021), este estudo busca contribuir com o entendimento sobre as pressões sobre a floresta Amazonia e suas alterações, desenvolvendo ferramentas que irão acelerar o processamento e tratamento dos dados medidos e encurtar os caminhos/etapas de cálculo hoje empregadas pelo grupo, trazendo agilidade na interpretação dos resultados e por fim potencializando os estudos desenvolvidos pelo grupo;

O subprojeto tem como objetivo dar suporte ao projeto CARBAM, propondo o desenvolvimento de ferramentas que facilitem o processamento e a interpretação de uma grande base de dados, para auxiliar o diagnóstico dos principais fatores responsáveis pelas alterações no balanço de carbono que estão ocorrendo na Amazônia.

10.1.2 - Objetivo Geral

O objetivo geral do projeto está vinculado às metas do Plano Diretor, especificamente às metas M-19.1 e M-19.5, já que a obtenção do balanço de carbono com base em perfis verticais atmosféricos envolve o desenvolvimento e a integração entre as atividades de observação e modelagem atmosféricas, promovendo a expansão da capacidade institucional e o uso e análise dos dados de perfis verticais de GEE e o modelo de integração de coluna possibilitam a determinação do balanço de GEE e o entendimento das variáveis que interferem nestes processos fundamentais do sistema terrestre. Além disso, se enquadram aos Objetivos Específicos 2 e 7 do Projeto 10 PCI 2018-2023, número 444327/2018-5), como:

Construir uma base de dados confiável, com histórico e perspectiva futura (longo prazo), que permitam captar os efeitos de mudanças ambientais globais, trazendo as informações ao domínio público para subsidiar as pesquisas científicas e as tomadas de decisão;

Gerar dados para subsidiar não somente os objetivos estratégicos do Centro como também a modelagem do Sistema Terrestre, a construção de cenários e diagnósticos da ação antrópica no meio, bem como outras áreas do INPE;

Disponibilizar produtos para todos os segmentos da sociedade brasileira bem como para os tomadores de decisão nas diferentes esferas, tanto do setor privado quanto do Governo;

Estudo das variáveis climáticas na bacia Amazônica;

Estudar as correlações entre as variáveis climáticas e os fluxos calculados para cada perfil de avião, considerando a área de influência de cada perfil de avião.

Este objetivo geral contempla as seguintes atividades:

Consolidar as redes de observação contínua de variáveis ambientais envolvendo gases traço, gases de efeito estufa, envolvendo os ciclos do carbono, nitrogênio, compostos orgânicos voláteis, aerossóis, descargas elétricas atmosféricas, estimativa de biomassa, componentes do ciclo hidrológico (p.e. transpiração, umidade do solo), entre outros, nos diferentes biomas do Brasil;

Associado ao objetivo geral, propõe-se neste subprojeto os seguintes objetivos específicos:

Objetivo Específico 1:

Construir uma base de dados, com histórico e perspectiva futura (longo prazo), que permita captar os efeitos de mudança do uso da terra e das mudanças climáticas na floresta Amazônica e seu papel atual no ciclo global do carbono, trazendo as informações ao domínio público para subsidiar as pesquisas científicas e as tomadas de decisão;

Objetivo Específico 2:

Desenvolver ferramentas para facilitar e agilizar as etapas de processamento e interpretação de todos os gases medidos pelo LaGEE (CO₂, CH₄, N₂O, CO) a fim de entender o efeito da variação do clima e das ações antrópicas na resposta da Amazônia, utilizando variáveis tais como: temperatura, precipitação, índice de água no solo, índice de crescimento de vegetação, área queimada e outras variáveis, dentro das áreas de influência de cada local de estudo com perfil de avião na Amazônia, e desenvolver e aplicar os modelos de preenchimento de dados faltantes na serie histórica

Objetivo Específico 3:

Entender o impacto das variáveis estudadas nas emissões e absorções de GEE, utilizando as ferramentas de matriz de correlação de todos os dados empregando método de Pearson ou similar, para se poder enxergar a correlação entre os dados e os agrupamentos hierárquicos. Em seguida os dados serão tratados para se criar a análise dos componentes principais (PCA), que utiliza critérios de agrupamentos para identificar relações mais fortes entre grupos de variáveis, sejam de forma direta ou indireta. Os dados serão tratados por algoritmos classificadores, tais como o Boruta, visando avaliar o grau de importância na alteração de propriedades chave (ex. temperatura, precipitação, entre outras) frente a todas as variáveis do banco de dados. Todas as etapas do projeto serão conduzidas empregando-se a Linguagem R de código aberto.

10.1.3 - Insumos

10.1.3.1 – Custeio

Para a demanda atual, considerando bolsas de 8 meses, não se pleiteia valores de custeio.

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

10.1.3.2 – Bolsas

Esta área tem uma característica interdisciplinar onde o profissional poderá ter formação em Química, Física, Biologia ou ainda áreas da engenharia ligadas a área ambiental como Engenharia Ambiental, Química, Florestal, Produção Química. O candidato deverá ter experiência científica com ferramentas de tratamento de grande base de dados de gases de efeito estufa: machine learning, preenchimento de dados faltantes, correlações entre variáveis, análise dos componentes principais, boruta, agrupamentos hierárquicos, seleção de variáveis, calibração multivariada, etc. A necessidade de experiência no processamento de dados de gases de efeito estufa (CO₂, CH₄, N₂O), envolve conhecimento de programação, além de conhecimento específico na área ambiental, vinculado ao papel das variáveis climáticas e interferência humana nas emissões de gases de efeito estufa (GEE).

Este pesquisador vai aplicar esses conhecimentos em nosso grupo científico e ampliar nossa capacidade de interpretar as funcionalidades da Floresta Amazônica e suas modificações com as Mudanças Climáticas.

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/ nível	Meses	Quant
10.1.1	Profissional com formação em Física, Biologia, Química ou Engenharia Ambiental, Florestal, Química ou áreas afins, com 10 (dez) anos de	Física, Biologia, Química ou Eng. Ambiental/Florestal/ Química	1 a 4	D-A	4	1

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						
---	--	--	--	--	--	--

10.1.4 - Atividades de Execução

Para atingir o objetivo geral e os objetivos específicos do projeto, as seguintes atividades são necessárias:

1. Familiarização com os dados gerados pelo laboratório e integração entre as bases de dados de GEE e as variáveis e fatores que contribuem com as alterações que estão ocorrendo na Amazônia;
2. Preenchimento dos dados faltantes na serie histórica de GEE medidos.
3. Desenvolvimento de ferramentas para facilitar e agilizar as etapas de processamento, tratamento e análise dos dados provenientes dos gases medidos pelo LaGEE (CO₂, CH₄, N₂O, CO), a fim de entender o efeito da mudança do uso da terra e da variação do clima na resposta da Floresta Amazônica.
4. Escrever um artigo para publicação em revista científica indexada.

Indicadores:

- a. Consolidação e alimentação dos dados em formato big data.
- b. Melhor entendimento e interpretação do efeito da mudança do uso da terra e da variação do clima em resposta as alterações observadas na Floresta Amazônica.
- c. Submissão de um artigo em revista científica indexada.

Metas:

- i. Organização e integração dos dados existentes com a alimentação de novos dados de gases do efeito estufa (GEE), gases traçadores de atividades antropogênicas, variáveis meteorológicas e outras informações relevantes no formato de big data
- ii. Desenvolver e aplicar ferramentas de processamento, tratamento e interpretação dos dados para as amostras realizadas na Amazônia.
- iii. Submissão de um artigo em revista científica indexada

Atividades	Objetivo Especifico	Indicadores	Metas 2023-2024			
			1° mês	2° mês	3° mês	4° mês
1	1	a	i	i		
2	1, 2	a	i, ii	i, ii	ii	
3	1, 2, 3	b		ii	ii	ii
4	1, 2, 3	c			iii	iii

10.1.5 – Cronograma de Atividades

Descrição das Atividades:

Atividades	2023-2024			
	1° mês	2° mês	3° mês	4° mês



1	X	X		
2	X	X	X	
3		X	X	X
4			X	X

10.1.6 – Produtos

1. Disponibilização dos resultados do estudo para a comunidade envolvida com os projetos científicos em desenvolvimento, após a publicação.
2. Ferramentas de processamento e interpretação dos dados.
3. Submissão de um artigo científico em revistas indexadas.

10.1.7 – Resultados Esperados

1. Maior agilidade e ampliação da capacidade de processamento, tratamento e análise dos dados;
2. Ganho no entendimento e diagnóstico das alterações que estão ocorrendo na funcionalidade da Floresta Amazônica.
3. Submissão em revista científica indexada

10.1.8 - 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	4	1	20.800,00
	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\$)					20.800,00

10.1.9 - Coordenadora do Projeto

Dra. Luciana V. Gatti – CGCT/INPE



PROJETO 10 – PROJETO INTEGRADOR DO COCST PARA MUDANÇAS AMBIENTAIS

Subprojeto 10.2: Indicadores de vulnerabilidade climática: Mapeamentos de risco em área de encosta associada a presença de eventos extremos

10.2.1 - Introdução

A ação antropogênica e a utilização errônea dos recursos naturais favorecem a ocorrência de transformações significativas no meio ambiente, que por sua vez, ocasionam um ‘feedback’ negativo nas condições atmosféricas reinantes. Com o aumento do uso das fontes fósseis de energia (carvão mineral, gás natural e o petróleo) e seus sub-produtos, verifica-se o aumento da emissão dos gases de efeito estufa e posteriormente o aquecimento global. Por conseguinte, essa cadeia ocasiona mudanças nas condições climatológicas globais, no ciclo hidrológico e na frequência e intensidade de eventos climáticos, tais como períodos prolongados de seca, chuvas intensas de curta duração, entre outros.

Os eventos extremos (chuvas intensas) em geral estão associados a permanência e/ou a intensidade de sistemas meteorológicos (ciclones, frente frias, tornados, monções) em uma determinada região. A presença por vários dias de chuvas intensas favorece a saturação do solo, erosão e acúmulo de água em regiões urbanas (inundações). É importante assinalar que, ao se estudar as inundações e os deslizamentos das encostas deve-se ter em mente que tais fatores dependem da morfologia do relevo, da rede de drenagem, da frequência e intensidade das chuvas, da taxa de infiltração, da taxa de saturação do solo, da presença ou ausência de cobertura vegetal na área e da ocupação do solo. Adicionada a isso, a ocupação desordenada nas áreas urbanas e rurais ocasionam a impermeabilização do solo, a retificação dos cursos d’água (modificações no leito e no trajeto dos rios), a redução e poluição das fontes hídricas (canais pluviais e lençóis freáticos) e o assoreamento dos rios e lagos.

Recentemente, percebe-se que as chuvas intensas estão acontecendo em um curto período de tempo e de forma rápida, causando perdas de vidas, prejuízos financeiros, deslizamentos e doenças sazonais (Machado & Ahmad, 2006; French, 1989; Maffra & Mazolla, 2007). Em relação ao Brasil, cerca de 80% das inundações estão associadas a presença de sistemas atmosféricos mais intensos (Brasil, 2007), sendo 60% dessas inundações, concentradas nas Regiões Sul e Sudeste (Marcelino, 2007). Como citado acima, as condições atmosféricas extremas são determinantes em caso de inundações e deslizamentos nas cidades urbanas, em especial nas áreas de encostas. Quando as chuvas ocorrem em curto período de tempo e em grande intensidade, o solo não suporta a carga e acaba por deslizar. Além disso, quando essas chuvas ocorrem em solos saturados a chuva não é captada, causando enxurradas e inundações.

Atualmente estudos nas temáticas ambiental e socioeconômica com foco multidisciplinar estão sendo realizados pelo COCST/INPE, com o intuito de contribuir para desenvolvimento sustentável que concilie o funcionamento integrado das esferas econômica, social e ambiental. A DIIAV no âmbito do **Projeto Integrador do COCST para Mudanças Ambientais** desenvolve pesquisas que auxiliam na formação de cenários de mudanças climáticas e ambientais, visando uma melhor compreensão da segurança hídrica, alimentar e energética do Brasil. Para tanto, o COCST foca seus estudos em três grandes eixos estruturantes: Sistemas de Observação, Modelagem e Diagnósticos e Cenários, contribuindo assim, para cumprimento das metas assumidas pelo país em relação aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, da ONU.

Neste contexto, esse projeto tem como foco principal avaliar o risco de inundação e deslizamento, a partir de mapas espaciais dos índices de inundação, dados pluviométricos e das condições de solo em áreas pré-selecionadas da Região Sudeste do Brasil. Com essa proposta espera-se complementar as pesquisas que estão sendo desenvolvidas pela DIIAV dentro do **Projeto Integrador do COCST para Mudanças Ambientais** e no âmbito da Plataforma AdaptaBrasil (**Projeto Estratégico 3 – DIP3 do INPE**). Por fim, este subprojeto trata das atividades necessárias para atingir o **objetivo Específico 3**.

10.2.2 - Objetivo geral



Analisar a influência de eventos climáticos extremos (chuvas rápidas e intensas) em relação aos desastres naturais (inundações e deslizamentos), ocorridos nas Regiões Metropolitanas do Sudeste do Brasil.

Os objetivos específicos são:

1-Analisar a variabilidade (frequência e intensidade) das chuvas nas regiões metropolitanas da Região Sudeste do Brasil e relacioná-la com a ocorrência de desastres naturais;

2-Calcular com base nas variáveis meteorológicas e análise dos sistemas meteorológicos reinantes o índice de inundação (risco);

3- Apresentar mapas espaciais de inundação para subsidiar o poder público local na resposta ao desastre e na mitigação de danos.

10.2.3 - Insumos

10.2.3.1 - Custeio

Não há previsão de despesas de custeio

10.2.3.2 - Bolsa

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quant
10.2.1	Profissional formado em Meteorologia 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	Meteorologia	3	DA	4	1

10.2.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			Out	Nov	Dez.	Jan.
1. Desenvolvimento de mapas para análise de campos em altos, baixos e médio níveis usando análise/ reanálise numéricas	1	Desenvolvimento de scripts	X			
2. Seleção dos casos extremos	1	Análise Sinótica dos Casos selecionados	X			
3. Seleção das áreas de risco	2	Análise do solo		X		
4. Aplicação do método de cálculo de risco para os casos selecionados	3	Aplicação do método de cálculo de risco para os casos selecionados			X	
5. Elaboração de relatórios	1-3	Relatórios e				X



e/ou artigos científicos para divulgação dos resultados obtidos na pesquisa		demais trabalhos técnicos e científicos				
---	--	---	--	--	--	--

10.2.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Meses			
	Outubro/23	novembro/23	dezembro/23	janeiro/23
Atividade 1	X			
Atividade 2	X	X		
Atividade 3		X	X	
Atividade 4			X	
Atividade 5				X

10.2.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			Out.	Nov	Dez.	Jan.
Determinação dos eventos extremos	1	Relatório técnico	X			
Seleção das áreas de risco	2	Relatório técnico		X		
Mapas das áreas de risco	2-3	Relatório técnico			X	X
Elaboração de artigo científico	1-3	Relatório técnico				X

10.2.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			Jun. Jul.	Ago. Set	Out. Nov.	Dez. Jan.
1. Scripts/programas	1-2	Número de produtos	1			
2. Mapeamentos das áreas de risco	2-3	Número de produtos		2	2	
3. relatórios parciais	1-3	Número de relatório				3

10.2.8 - Recursos Solicitados

10.2.8.1. Custeio:

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

10.2.8.2. Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00	4	1	20.800,00
	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\$)					20.800,00

10.2.9 - Equipe do Projeto

Coordenador: Lincoln Muniz Alves

10.2.10 - Referências

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. VIGIDESASTRES. **Programa Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental dos Riscos Decorrentes dos Desastres Naturais Brasília**: Ministério da Saúde, 2007.

FREITAS, C. M. et al. Desastres naturais e seus custos nos estabelecimentos de saúde no Brasil no período de 2000 a 2015. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 36, 2020.

MAFRA, C. Q. T., MAZOLLA, M. **As razões dos desastres em território brasileiro**. Vulnerabilidade Ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos? Brasília. Ministério do Meio Ambiente, 2007.

MARCELINO, E.V. **Desastres naturais e geotecnologias: conceitos básicos**. Santa Maria, INPE, 2008.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, FFLCHUSP, n. 6, São Paulo, 1992.



PROJETO 10 – PROJETO INTEGRADOR DO COCST PARA MUDANÇAS AMBIENTAIS

Subprojeto 10.3: O papel das florestas tropicais úmidas na recarga hídrica – suprimento ou demanda?

10.3.1 - Introdução

Em face ao reconhecimento do papel da floresta na regulação do clima e da água, uma série de medidas de recuperação florestal vem sendo tomadas. Dentre elas, destaca-se o Projeto Conexão Mata-Atlântica, iniciativa do Global Environmental Facility (GEF) e do MCTI, em parceria com a Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo, com foco nas atividades de recuperação da Mata Atlântica, ao qual a presente proposta está vinculada. Ainda que seja inegável o valor ambiental, econômico e social das florestas preservadas, inúmeras incertezas existem acerca dos efeitos de ações de reflorestamento sobre os recursos hídricos. Em particular cita-se a noção, amplamente disseminada, de que as florestas em crescimento demandam grandes volumes de água do solo, limitando a disponibilidade desse recurso para abastecimento humano (Andréassian, 2004; Bonell, 2005; Bruijnzeel, 2004; Calder, 2007; Farley et al., 2005). No entanto, pouco se sabe acerca do funcionamento ec hidrológico das florestas tropicais úmidas. Enquanto a maior parte dos estudos sugerem que as elevadas taxas evapotranspirativas da floresta conduziriam a uma redução nos mananciais de água superficiais e subterrâneos, estudos recentes indicam que uma cobertura florestal adequada favorece o armazenamento de água necessário às atividades metabólicas das plantas e demandas atmosféricas, com um eventual excedente contribuindo para a recarga subterrânea (U. Ilstedt et al., 2016; Ulrik Ilstedt et al., 2007).

Considerando que as relações entre densidade de cobertura vegetal, estoques de carbono, uso e eventual produção de água são importantes norteadores das políticas de recuperação florestal, o presente projeto visa responder às seguintes perguntas: *qual é a taxa média de uso da água por quantidade de biomassa produzida em espécies nativas da Mata Atlântica e espécies exóticas pinus e eucalipto? qual é o potencial de que áreas reflorestadas armazenem, e eventualmente excedam, a quantidade de água necessária para a sua manutenção e desenvolvimento, potencialmente contribuindo para recarga de aquíferos? Como essas propriedades variam ao longo de diferentes estágios de regeneração florestal?* As respostas a essas e outras perguntas serão obtidas por meio de medidas in situ de variáveis do ciclo hidrológico (precipitação, evapotranspiração e armazenamento de água na zona não saturada do solo) e do crescimento de biomassa acima do solo (troncos e folhas) ao longo de cronosequências de recuperação de vegetação da Mata Atlântica existentes na APA de São Francisco Xavier e na área de amortecimento do Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Santa Virgínia. Os resultados dos experimentos serão complementados com simulações feitas a partir de modelos computacionais da interação solo-planta-atmosfera. Os resultados serão traduzidos em produtos que permitam aos tomadores de decisão estimar quantidades de água requeridas para os diversos projetos de reflorestamento, bem como considerar o potencial de acúmulo de água na bacia resultante desses projetos, com potencial de ser traduzido em termos monetários para aplicação em ações de pagamento por serviços ambientais (PSAs).

Atualmente estudos nas temáticas ambiental e socioeconômica com foco multidisciplinar estão sendo realizados pelo COCST/INPE, com o intuito de contribuir para desenvolvimento sustentável que concilie o funcionamento integrado das esferas econômica, social e ambiental. A DIIAV no âmbito do **Projeto Integrador do COCST para Mudanças Ambientais** desenvolve pesquisas que auxiliam na formação de cenários de mudanças climáticas e ambientais, visando uma melhor compreensão da segurança hídrica, alimentar e energética do Brasil. Para tanto, o COCST foca seus estudos em três grandes eixos estruturantes: Sistemas de Observação, Modelagem e Diagnósticos e Cenários, contribuindo assim, para cumprimento das metas assumidas pelo país em relação aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, da ONU.

Neste contexto, esse projeto tem como foco principal avaliar o trade-off entre infiltração e transpiração em florestas tropicais nativas do Vale do Paraíba, localizadas nas Serras do Mar e Mantiqueira, em diferentes estágios de crescimento. Com essa proposta espera-se



complementar as pesquisas que estão sendo desenvolvidas pela DIIAV dentro do **Projeto Integrador do COCST para Mudanças Ambientais**. Por fim, este subprojeto trata das atividades necessárias para atingir os **OE 17 e OE 18 do Planejamento Estratégico do INPE (2022-2026)**, que visam, respectivamente, *Ampliar a capacidade de monitorar todos os biomas e o oceano nacionais com a produção de dados e informações ambientais estratégicas e Aprimorar e desenvolver modelos empíricos, teóricos e estatísticos do sistema terrestre, provendo informações ambientais em diversas escalas espaciais e temporais*. O presente projeto faz parte do TAP *Estudos interdisciplinares das influências das ações antrópicas e identificação de impactos, vulnerabilidades e adaptação no Sistema Terrestre (01340.001287/2022-11)*.

10.3.2 - Objetivos gerais

Medir, por meio de instrumentação de campo, o trade-off entre infiltração e transpiração em florestas tropicais nativas da Mata Atlântica. As áreas experimentais para essas medidas estão localizadas nas Serras do Mar e Mantiqueira, no trecho paulista da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul.

Os objetivos específicos são:

1 Estimativa do uso da água por plantas nativas da Mata Atlântica, expressa em termos de espécies, diâmetro do tronco, área basal e área de xilema ativo

2 Avaliar o trade-off entre transpiração e infiltração em áreas de floresta nativa em diferentes estágios de regeneração, e o papel dessas florestas na recarga de aquíferos - estudos baseados em dados medidos in situ e modelagem

3-Avaliação da relação entre estoque de carbono e água – eficiência do uso da água

10.3.3 - Insumos

10.3.3.1 - Custeio

Não há previsão de despesas de custeio

10.3.3.2 - Bolsa

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quant
10.3.1	Profissional com 7 (sete) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior em Engenharia Florestal, Biologia, Agronomia ou áreas afins, ou com título de doutor ou, ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 4 (quatro) anos	Engenharias, Biologia, Ecologia, Ciência do Solo ou áreas afins	3	DB	4	1

10.3.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			Out.	Nov	Dez.	Jan.

1. Implantação de sensores e medidores in situ nas áreas experimentais	1	Sensores e medidores implantados	X			
2. Acompanhamento quinzenal das variáveis monitoradas nas áreas experimentais implantadas	1	Criação e alimentação do banco de dados monitorados in situ	X	X	X	X
3. Coleta de amostras de água, solo e planta para análises laboratoriais	2	Amostras coletadas		X	X	
4. Análises laboratoriais nas amostras coletadas (i.e., características dos solos e plantas, concentração de raízes)	3	Análises laboratoriais realizadas			X	
5. Elaboração de gráficos e banco de dados das series históricas medidas para efeito de alimentação de modelo SVAT – Soil, Vegetation, Atmosphere Transfer	1-3	Banco de dados produzido				X

10.3.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Meses			
	Outubro/23	novembro/23	dezembro/23	janeiro/23
Atividade 1	X			
Atividade 2	X	X	X	X
Atividade 3		X	X	
Atividade 4			X	
Atividade 5				X

10.3.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			Out.	Nov	Dez.	Jan.
Implantação de áreas experimentais ecohidrológicas	1	Área experimentais implantadas	X			
Coleta de dados ecohidrológicos medidos in situ e complementados em laboratório	2	Dados coletados e analisados		X		
Produção de banco de dados ecohidrológicos	2-3	Banco de dados produzido e operacional			X	X
Elaboração de artigo científico	1-3	Relatório técnico				X

10.3.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			Jun. Jul.	Ago. Set	Out. Nov.	Dez. Jan.
1. Áreas experimentais implantadas e produzindo dados para interpretação do papel das florestas na recarga hídrica	1-2	Número de áreas experimentais instaladas e número de variáveis medidas nessas áreas	1	1	1	1
2. Criação de banco de dados que permita a análise dos dados experimentais e que sirvam de dados de entrada para modelos SVAT	2-3	Número de variáveis contidas no banco de dados		2	2	2
3. relatórios parciais	1-3	Número de relatórios				3

10.3.8 - Recursos Solicitados

10.3.8.1. Custeio:

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

10.3.8.2. Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00	4	1	16.640,00
	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\$)					16.640,00

10.3.9 - Referências

- Andréassian, V. (2004). Waters and forests: from historical controversy to scientific debate. *Journal of Hydrology*, 291(1–2), 1–27. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2003.12.015>
- Bonell, M. (2005). Runoff generation in tropical forests. In *Forests, Water and People in the Humid Tropics: Past, Present and Future Hydrological Research for Integrated Land and Water Management* (pp. 314–406). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511535666.020>
- Bruijnzeel, L. A. (2004). Hydrological functions of tropical forests: Not seeing the soil for the



trees? *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 104(1), 185–228.

<https://doi.org/10.1016/j.agee.2004.01.015>

Calder, I. R. (2007). Forests and water-Ensuring forest benefits outweigh water costs. *Forest Ecology and Management*. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.06.015>

Farley, K. A., Jobbágy, E. G., & Jackson, R. B. (2005). Effects of afforestation on water yield: A global synthesis with implications for policy. *Global Change Biology*, 11(10), 1565–1576.

<https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.01011.x>

Ilstedt, U., Bargués Tobella, A., Bazié, H. R., Bayala, J., Verbeeten, E., Nyberg, G., et al. (2016). Intermediate tree cover can maximize groundwater recharge in the seasonally dry tropics. *Scientific Reports*, 6, 1–12. <https://doi.org/10.1038/srep21930>

Ilstedt, Ulrik, Malmer, A., Verbeeten, E., & Murdiyarso, D. (2007). The effect of afforestation on water infiltration in the tropics: A systematic review and meta-analysis. *Forest Ecology and Management*. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.06.014>

10.3.10 - Equipe do Projeto

Laura De Simone Borma (coordenador)

Manoel Ferreira Cardoso

Daniel Meneghetti