



EDITAL N° 42/2024/SEI-INPE

EDITAL 42/2024

CHAMADA PÚBLICA 01/2024

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, tecnologistas 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	Cartografias de reconhecimento e qualificação multidimensional da relação <i>urbanização-natureza</i> na Amazônia brasileira	DB	São José dos Campos

1.2.1	Modelagem regional acoplada e os efeitos do acoplamento dinâmico, vento-corrente e das ondas, nos processos de interação oceano-atmosfera e no Clima do Brasil	DA	São José dos Campos
1.3.1	Estruturação de bases cartográficas para aquisição de dados de altíssima precisão espacial	DA	São José dos Campos
1.4.1	Desenvolvimento de Metodologias para Monitoramento de Obras Civas por Meio de Imagens de Satélite Brasileiros	DC	São José dos Campos
3.1.1	Desenvolvimento de interfaces para o software de gestão de portfólio de projetos	DD	São José dos Campos
3.2.1	Estudo e Desenvolvimento de Metodologia para Contratação de Encomendas Tecnológicas	DB	São José dos Campos
4.1.1	Desenvolvimento de um Propulsor de Plasma Pulsado de um Estágio	DA	Cachoeira Paulista
4.2.1	Geração de RF a partir de Ressonadores em Anel Dividido	DB	São José dos Campos
4.3.1	Aerogel misto de grafeno e nanotubos de carbono para aplicações aeroespaciais	DA	São José dos Campos
4.4.1	Estudo da transferência de calor em um pireliômetro por substituição elétrica	DD	São José dos Campos

4.5.1	Melhorias do sistema de controle do radiômetro térmico em desenvolvimento no GDF	DD	São José dos Campos
4.6.1	Caracterização de filmes finos formados em substratos de materiais de uso espacial por pulverização catódica através de técnicas de topologia de superfície, nanoindentação e espectroscopia de massa de íons secundários (SIMS)	DD	São José dos Campos
4.7.1	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
4.8.1	Estudo sobre a estimativa e previsão de chuva via satélite meteorológico em cooperação com a NOAA e JAXA	DB	São José dos Campos
4.9.1	Investigação de Processos de Atomização de Propelentes e Desenvolvimento de Injetores para Propulsores Espaciais	DA	Cachoeira Paulista
5.1.1	Desenvolvimento de ferramentas computacionais para análise dos dados do radiotelescópio BINGO	DA	São José dos Campos

5.2.1	Anãs F-G-K-M com planetas do tipo rochoso terrestre: parâmetros atmosféricos e indicadores químicos de habitabilidade	DA	São José dos Campos
5.3.1	Caracterização polarimétrica do instrumento SPARC4	DA	São José dos Campos
5.4.1	Projeto arquitetônico para infraestrutura de coleta de dados e de divulgação científica em Heliofísica e Ciências Espaciais	DF	São José dos Campos
5.5.1	Avaliação e comparação dos níveis de Radiação Ultravioleta (R-UV) nas cidades de Natal – Brasil, Santa Maria – Brasil, São José dos Campos – Brasil e La Paz – Bolívia e a relação com fatores climáticos e atmosféricos agravantes que interferem na incidência das fotodermatose	DA	São José dos Campos
5.6.1	Elaboração de modelos de apontamento para radiotelescópios operando entre 22 e 720 GHz	DB	São José dos Campos
6.1.1	Subsistema de Controle do Environmental Data Collector (EDC) para Satélites de Pequeno Porte	DD	São José dos Campos
6.2.1	Desenvolvimento e projeto de um propulsor monopropelente à hidrazina com empuxo de 1N para aplicação em propulsores de CubeSat	DA	São José dos Campos
6.3.1	Caracterização de Transmissor de Dados para Satélite de Observação da Terra	DC	São José dos Campos

8.1.1	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
8.2.1	Projeto, construção e caracterização de antena com alta diretividade para uso na caracterização de materiais aplicados a radomes	DA	São José dos Campos
9.1.1	Desenvolvimento e implementação de infraestrutura web	DB	Cachoeira Paulista
9.2.1	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
9.3.1	Assimilação de dados de rádio ocultação GNSS no aprimoramento da Previsão Numérica com o MONAN	DB	Cachoeira Paulista
9.4.1	Previsão de Tempo Estendido no Contexto da Assimilação de Dados por Conjunto	DB	Cachoeira Paulista
9.5.1	Avaliação orientada a processos do papel dos fluxos de superfície continental e oceânica sobre os padrões de precipitação na América do Sul simulados pelo MONAN	DA	Cachoeira Paulista

9.6.1	Desenvolvimento de produtos e estudos do desempenho do MONAN em simular um conjunto de ciclogêneses para melhorar designs do modelo	DB	Cachoeira Paulista
9.7.1	Nowcasting de eventos atmosféricos severos utilizando dados de satélites, radares de superfície e sistemas de monitoramento de raios	DB	São José dos Campos
9.8.1	Desenvolvimento de produtos para a avaliação dos modelos de previsão numérica de tempo	DC	Cachoeira Paulista
10.1.1	Nexo água - energia - carbono na Bacia do Rio Paranapanema: Cenário histórico e projeções futuras	DA	Cachoeira Paulista
10.2.1	Desenvolvimento de uma ferramenta de acompanhamento de qualidade de dados em tempo real para a Rede SONDA	DB	São José dos Campos
10.3.1	Extensão e divulgação científica no INPE: a empreitada do comunicar ciência sob a perspectiva da cultura científica e cidadã	DD	São José dos Campos
10.4.1	Modelagem de dados e repositórios para atualização do Arquivo Digital do INPE	DD	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, podem ser consultados no **Anexo I**.

2 – Cronograma

FASES	DATA
Inscrições	de 03/04/2024 a 10/04/2024
Prazo para impugnação da Chamada	Até 05/04/2024
Divulgação preliminar das inscrições homologadas	A partir de 17/04/2024
Prazo para interposição de recurso administrativo das inscrições homologadas	2 (dois) dias úteis após a divulgação
Divulgação final das inscrições homologadas	A partir de 23/04/2024
Divulgação do resultado preliminar	A partir de 27/05/2024
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 05/06/2024
--	-------------------------------

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 a partir de fevereiro/2024** até a data limite para submissão da inscrição;
- 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\$ 924.240,00 (Novecentos e vinte e quatro mil, duzentos 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

6.1– 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 <https://www.gov.br/inpe/pt-br/area-conhecimento/fomento-a-pesquisa-e-desenvolvimento/pci/inscricao-chamada-publica>

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 limite 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, disponível no link [Formulário de Parentesco](#) 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 de Inscrição para Bolsa PCI/INPE deverá ser preenchido com os dados do proponente e enviado por e-mail, juntamente com o Currículo Lattes **atualizado a partir de fevereiro/2024** 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 fevereiro de 2024 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 <https://www.gov.br/inpe/pt-br/area-conhecimento/fomento-a-pesquisa-e-desenvolvimento/pci/chamada-publica>

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 <https://www.gov.br/inpe/pt-br/area-conhecimento/fomento-a-pesquisa-e-desenvolvimento/pci/repositorio-de-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 <https://www.gov.br/inpe/pt-br/area-conhecimento/fomento-a-pesquisa-e-desenvolvimento/pci/chamada-publica> , 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 <https://www.gov.br/inpe/pt-br/area-conhecimento/fomento-a-pesquisa-e-desenvolvimento/pci/repositorio-de-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 presente Chamada Pública 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 6 meses, em decorrência da disponibilidade de recursos financeiros. **Parte ou o total das bolsas, descritas neste Edital, poderão ser prorrogadas a partir 01/01/2025, em havendo continuidade dos projetos e disponibilidade de recursos financeiros a partir de janeiro de 2025.**

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 março de 2024.

(assinado eletronicamente)

Clezio Marcos De Nardin

Diretor do INPE



Documento assinado eletronicamente por **Clezio Marcos De Nardin, Diretor do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**, em 01/04/2024, às 08:29 (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 **11823143** e o código CRC **BEEA8C60**.



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

Anexo I do Edital Nº 42/2024



PROJETO 1: Pesquisa e Desenvolvimento com Base em Dados de Sensoriamento Remoto Aplicados à Caracterização e Monitoramento de Ecossistemas do Território Nacional

Subprojeto 1.1: Cartografias de reconhecimento e qualificação multidimensional da relação *urbanização-natureza* na Amazônia brasileira

1.1.1 – Introdução

A urbanização é um fenômeno de abrangência global, fruto do processo de transformação do território e da sociedade (Santos, 2009). O mesmo ocorre no Brasil e na Amazônia, onde a intensidade do fenômeno urbano levou a pesquisadora Bertha Becker a cunhar o termo floresta urbanizada (Becker, 1995) para designar a região. Ainda que a Amazônia urbana seja uma realidade, suas múltiplas formas e conteúdos são constantemente questionados. A visão parcial e hierarquizada resulta em um processo persistente de apagamentos, que traz como consequência o conhecimento limitado sobre o território e suas múltiplas trajetórias em disputa, que manifestam na produção do espaço urbano as diferentes formas de reprodução da própria existência em um bioma florestal sensível.

Em um contexto de emergência climática, o reconhecimento dos espaços da vida cotidiana, para além da percepção dicotômica do urbano-rural, possibilita a ampliação da leitura sobre o território. Tem-se, assim, possibilidades de se planejar e criar políticas estratégicas de prevenção frente a uma realidade de crescente exposição a eventos extremos. O periurbano amazônico, ainda que tocado pela dinâmica planetária, preserva raízes nas tradições regionais (Cardoso, 2021a). Com isso, revela-se como um espaço de experimentação social e econômica, ressaltando a necessidade de olhar para essas áreas com o foco em um planejamento territorial que negue a simplificação das complexidades e vá além de projetos de “esverdeamento” de áreas antropizadas, destacando o potencial, que existe e sempre existiu, daqueles que mesmo silenciados, resistiram como coletivo. Nesse contexto, planejar para estes espaços é o mais efetivo ponto de virada para a elaboração de soluções duráveis, que articule políticas urbanas e rurais e tenha a floresta e sua gente como elementos centrais para o fortalecimento socioeconômico e regeneração da (e com) a natureza (Cardoso, 2021a; 2021b).

Para explorar uma alternativa de leitura e destacar caminhos de manutenção dos vínculos entre a urbanização e a natureza, Ribeiro (2024) propôs inicialmente a análise do urbano amazônico a partir de um gradiente urbano, definido por meio da interpretação, compatibilização e reagrupamento das classes de situação dos setores censitários oficialmente definidas pelo IBGE. Em seguida, a cartografia criada serviu como base para a análise multidimensional da Amazônia urbana no contexto do estado do Pará, explorando além da *dimensão socioespacial*, representada pela análise do gradiente, mais três dimensões: (i) ambiental, ou, *da natureza*, que incorporou a floresta e suas águas como elemento primordial para a reprodução da vida urbana em um bioma florestal; (iii) *simbólico-cultural*, mediada por elementos que representam a permanência dos povos originários e tradicionais na trama urbana atual; (iv) *socioeconômica*, mediada por métricas que representam algumas condições para representação do potencial de cadeias da sociobiodiversidade, que têm a floresta e as pessoas como prioridades. Os resultados para as 12 Regiões de Integração do estado do Pará foram sistematizados em uma plataforma online - Trama Urbana Amazônica (TUA), que ao mesmo tempo em que auxilia na interpretação das cartografias criadas, emprega uma estratégia de divulgação científica para além dos objetivos acadêmicos. Ao permitir o acesso livre e simplificado potencializa-se suas possibilidades de impacto e desdobramentos em políticas públicas de planejamento e gestão do território.

No contexto de uma urbanização que se (con)forma em um bioma florestal, a presença da floresta é elemento central para o reconhecimento de indícios da permanência das tecnologias urbanas amazônicas que preexistem à colonização e à entrada do grande capital e industrialização na região. A manifestação direta da disputa entre visões de como habitar e produzir se revela, principalmente, na preservação ou desmatamento da floresta (Silva, 2017). Entre as trajetórias em disputa, a urbanização contemporânea se revela em um urbano estendido (Monte-Mór, 1994), no qual o espaço regional passa a ser integrado à lógica de



consumo industrial - de recursos e de espaço. Assim, este tecido urbano, que se espalha pelo território, transforma padrões comportamentais, inclusive, sobre o que antes era entendido como rural, com modo de vida e atividades produtivas tradicionalmente vinculadas ao campesinato, que passa a incorporar, como fim e meio, a indústria e as rodovias. Neste contexto, a oposição entre urbano e rural, seja no espaço concreto ou de representação, se dissolve, e sua interpretação torna-se imprecisa, gerando simultaneidades, com seus encontros e oposições (Lefebvre, 1970) que criam novas tipologias e, também, a demanda por tratamentos teórico-metodológicos específicos e originais.

Dito isso, o objetivo geral deste projeto é ampliar as funcionalidades da plataforma digital TUA, criada preliminarmente, para incluir além de uma proposta de representação da Amazônia urbana, uma análise de elementos que possibilitem explorar outras bases de dados para melhor caracterizar a trama urbana delimitada no contexto das Regiões de Integração do estado do Pará. Assim, como forma de ampliar a análise de processos de urbanização atuais e seus desdobramentos sobre o território, propõe-se: (i) avaliar a evolução do desmatamento, a partir do mapeamento anual produzido pelo projeto PRODES (Monitoramento do Desmatamento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite), na análise da *dimensão da natureza* da trama urbana; e (ii) integrar dados sociodemográficos do Censo 2022, para (iii) compor a *dimensão da resiliência urbana* com a finalidade de analisar a vulnerabilidade e capacidade de resposta a eventos climáticos extremos.

Com o desenvolvimento desta proposta espera-se ampliar os resultados previamente obtidos e aprimorar a ferramenta de divulgação científica proposta. Os resultados esperados são uma contribuição para realçar a emergência de uma agenda urbana para a região, capaz de detectar, sem hierarquizar, diferentes trajetórias. Assim, ao ampliar a percepção da diversidade urbana no território e suas potencialidades, propositalmente invisibilizadas, torna-se possível realçar caminhos alternativos, baseados na reprodução de modos de vida harmonizados com a floresta, que priorizem a permanência da natureza como elemento simbólico e força produtiva.

Este subprojeto trata das atividades necessárias para atingir os objetivos específicos 1, 2 e 3 do Projeto 1 - **Pesquisa e Desenvolvimento com Base em Dados de Sensoriamento Remoto Aplicados à Caracterização e Monitoramento de Ecossistemas do Território Nacional** do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1. Este subprojeto está associado ao TAPg 11686736 - BiomassBR (SEI 01340.008597/2022-66 em tramitação).

1.1.2 - Objetivos

Ampliar a análise, percepção e conhecimento sobre o urbano da Amazônia paraense para reconhecimento de possibilidades de reprodução de trajetórias urbanas alinhadas aos ciclos da natureza em um contexto de sociobiodiversidade.

Objetivo específico 1: Incluir a análise da evolução recente do desmatamento para ampliar o escopo da *dimensão da natureza* na qualificação da trama urbana;

Objetivo específico 2: Explorar variáveis sociodemográficas para análise de vulnerabilidade e capacidade de resposta a eventos climáticos extremos no contexto da trama urbana da Amazônia paraense;

Objetivo específico 3: Aprimorar e ampliar as funcionalidades da plataforma online - Trama Urbana Amazônica (TUA), incluindo a análise de desmatamento na *dimensão da natureza* e uma nova dimensão de análise, de *resiliência urbana*.

1.1.3 - Insumos

1.1.3.1 – Insumos

Não se aplica.



1.1.3.2 - Bolsas:

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria /nível	Meses	Qtde
1.1.1	Profissional com 7 (sete) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior em Ciências Ambientais ou áreas afins; ou com título de doutor em Ciências do Sistema Terrestre ou áreas afins; ou ainda, com grau de mestre em Sensoriamento Remoto ou áreas afins, há, no mínimo, 4 (quatro) anos.	Ciências Ambientais, Sensoriamento Remoto, Ciência do Sistema Terrestre	1, 2 e 3	D-B	6	1

1.1.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas (2024)						
			Jul	Ago	Set	Out	Nov	De z	
(1) Sistematizar dados de desmatamento para composição da <i>dimensão da natureza</i> da trama urbana	2	Banco de dados em SIG com dados sistematizados para composição de um indicador.							
(2) Planejar e modelar conceitualmente variáveis para representação socioterritorializada da <i>dimensão de resiliência urbana</i> da trama urbana.	1	Revisão de literatura.							
(3) Sistematizar dados sociodemográficos para a análise da <i>dimensão de resiliência urbana</i> na trama urbana.	2	Banco de dados em SIG com sistematização de variáveis do Censo Demográfico de 2022.							
(4) Elaborar mapas e gráficos para apresentação de resultados compilados por Região de Integração do Pará.	3	Nº de mapas/ gráficos.							
(5) Atualizar e aprimorar plataforma online com novos resultados obtidos.	3	Página na web para a divulgação dos resultados da pesquisa.							

1.1.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	2024 / 2
------------	----------



	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Atividade 1						
Atividade 2						
Atividade 3						
Atividade 4						
Atividade 5						

1.1.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
Produção de mapas, gráficos e/ou painéis sínteses de resultados atualizados da <i>dimensão da natureza e dimensão de resiliência urbana</i> da trama urbana.	1 e 2	Nº de mapas e/ou painéis sínteses de análise de desmatamento e de vulnerabilidade e capacidade de resposta às mudanças climáticas.	Produção de mapas, figuras e gráficos.
Estratégia de divulgação de resultados para público acadêmico e público geral	3	Plataforma online (TUA - versão 2.0) ativa.	Produção de material digital para atualização da plataforma.

1.1.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
Aprimoramento da plataforma online (TUA) para ampla divulgação de cartografias socioterritorializadas resultantes de proposta de análise multidimensional da relação <i>urbanização-natureza</i> na Amazônia.	1, 2 e 3	Acesso à plataforma TUA - website	Alcançar 100 acessos à plataforma até dez/2024

1.1.8 – Recursos Solicitados

Bolsa:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00	6	1	24.960,00
	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\$)					24.960,00



1.1.9 – Equipe do Projeto

Silvana Amaral (Coordenadora - INPE)
Renata Maciel Ribeiro (Bolsista - INPE)
Antônio Miguel Vieira Monteiro (Colaborador - INPE)
Ana Paula Dal'Asta (Colaboradora - INPE)

1.1.10 - Referências Bibliográficas

ANAZAWA, T. M. Vulnerabilidade e território no litoral norte de São Paulo: indicadores, perfis de ativos e trajetórias. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto. INPE, 2012.

BECKER, B. K. Undoing myths: The Amazon—An urbanized forest. In *Brazilian Perspectives on Sustainable Development of the Amazon Region—Man and Biosphere Series*; CLÜSENER, M.G., SACHS, I., Eds.; UNESCO and Parthenon Publish Group Limited: Paris, France, 1995; pp. 53–89.

CARDOSO, A. C. D. Que contribuições virão da Amazônia brasileira para o urbanismo do século XXI? Thésis, Rio de Janeiro, v. 6, n. 11, p. 36-53, 2021a.

CARDOSO, A. C. D. A Trama dos Povos da Floresta: Amazônia para além do verde. *Revista da Universidade Federal de Minas Gerais*, v. 28, n. 3, p. 57-87, 2021b.

LEFEBVRE, H. *A Revolução Urbana*. 1970. Belo Horizonte: UFMG, 1999.

MONTE-MÓR, R. L. Urbanização extensiva e lógicas de povoamento: um olhar ambiental. Território, globalização e fragmentação. São Paulo: HUCITEC/ANPUR, v. 1994, p. 169-181, 1994.

RIBEIRO, R. M. *A Trama Urbana Amazônica: Reconhecimento e Qualificação de um Território de Possibilidades*. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Sistema Terrestre. INPE, 2024.

SANTOS, M. *A urbanização brasileira*. 5 ed. Edusp, 2009.

SILVA, H. *Socialização da natureza e alternativas de desenvolvimento na Amazônia Brasileira*. Tese de doutorado em Economia. Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais (UFMG), 2017.

TUA - Trama Urbana Amazônica. Plataforma online. Versão 1. Disponível em <https://renatamacielribeiro.wixsite.com/tuamazonia>.



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

Subprojeto 1.2: Modelagem regional acoplada e os efeitos do acoplamento dinâmico, vento-corrente e das ondas, nos processos de interação oceano-atmosfera e no Clima do Brasil

1.2.1 – Introdução

A mesoescala oceânica pode ser definida como frentes oceanográficas, meandros e vórtices com escalas horizontais de ≈ 100 km e escalas temporais de dias a 3 meses (Lentini et al., 2002; Pezzi et al., 2016; Leyba et al., 2017; Souza et al., 2021; Pezzi et al., 2021; Cabrera et al., 2022). Estudos anteriores têm mostrado uma estreita correlação entre as anomalias da temperatura da superfície do mar (TSM), associadas à mesoescala oceânica, e anomalias de variáveis atmosféricas sobrejacente (e.g. temperatura do ar em baixos níveis da atmosfera, ventos em superfície, fluxos de calor sensível e latente na superfície e altura da CLAM, Frenger et al. (2013), Sugimoto et al. (2017), Pezzi et al. (2021)). No entanto, além deste acoplamento termodinâmico entre o oceano e a atmosfera, o acoplamento dinâmico, considerando as correntes oceânicas de superfície e o vento nos baixos níveis da atmosfera, na mesoescala, têm sido também estudados devido à sua influência em ambos os meios (Luo et al., 2005; Oerder et al., 2018; Renault et al., 2019).

O Oceano Atlântico Sudoeste é uma das regiões oceânicas mais dinâmica e energética do mundo (Chelton et al., 1990; Pezzi et al., 2009; Piola e Matano, 2017). Sendo marcada por uma grande atividade de mesoescala oceânica, principalmente na região da Confluência Brasil-Malvinas e ao longo das frentes subtropical e subantártica (Pezzi et al., 2016; Leyba et al., 2017). No entanto, a atividade de mesoescala oceânica não se restringe somente a esta região, mas pode ser observada em outras regiões como no oceano Austral, onde foi mostrado que a presença de vórtices de mesoescala modificam a atmosfera (Frenger et al., 2013).

Modelos regionais acoplados tem sido fundamentais no estudo de processos de interação oceano-atmosfera, no entanto, a inclusão de modelos de ondas dentro destes sistemas acoplados também é relevante para o melhor entendimento de processos de mesoescala. Dessa forma, buscando ampliar o conhecimento sobre a influência da mesoescala oceânica na atmosfera, nos setores sudoeste e austral do Oceano Atlântico, o modelo regional acoplado *Coupled Ocean Atmosphere Wave Sediment Transport* (COAWST v3.4; Warner et al. (2010)) será utilizado neste estudo. Focando na influência do acoplamento dinâmico vento-corrente no cálculo da tensão de cisalhamento do vento no modelo oceânico e na inclusão do modelo de onda dentro do sistema COAWST.

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.

Esta proposta está alinhada com o TAP do Projeto ATMOS (SEI 01340.001797/2024-50), recentemente submetida e que ainda se encontra em tramitação, e ao TAP MONAN (SEI 01340.005344/2021-50).

1.2.2 - Objetivo Geral

O objetivo geral deste estudo é aprimorar o conhecimento sobre os processos de interação oceano-atmosfera, propondo uma abordagem não tradicional para o acoplamento entre estes meios (acoplamento dinâmico vento-corrente) e considerando o efeito das ondas num sistema de modelagem oceano – atmosfera – gelo marinho – ondas. A região de estudo compreenderá os setores sudoeste e sul do Oceano Atlântico, o que possibilitará estudar a influência destas



regiões oceânicas no Clima do Brasil. Para alcançar o objetivo geral, os seguintes objetivos específicos são propostos:

1. Revisar e entender o estado da arte sobre o acoplamento dinâmico vento-corrente e o efeito das ondas tanto em processos e variáveis atmosféricas como oceânicas.
2. Quantificar a influência do cálculo da tensão de cisalhamento do vento, considerando o vento relativo (acoplamento vento-corrente) vs. o vento absoluto, na atividade de mesoescala oceânica
3. Entender e quantificar as diferenças entre as metodologias utilizadas no cálculo da tensão de cisalhamento do vento empregando dados *in situ* e simulações numéricas que considerem ou não o acoplamento dinâmico vento-corrente.
4. Realizar e analisar simulações numéricas com um modelo regional acoplado utilizando as componentes atmosférica, oceânica, gelo marinho e de ondas na área de estudo.

1.2.3 – Insumos

1.2.3.1 – Custeio

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

1.2.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria /nível	Meses	Qtde
1.2.1	Profissional com 10 (dez) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação, após a obtenção do diploma de nível superior em Meteorologia, Oceanografia e áreas afins, ou com título de doutor há, no mínimo, 2(dois) anos; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 6 (seis) anos.	Experiência comprovada em modelagem numérica regional acoplada e desenvolvimento computacional	1-2-3-4	D-A	6	1

1.2.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas 2024					
			Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1. Revisão bibliográfica acerca do acoplamento dinâmico vento-corrente e o efeito das ondas em processos e variáveis atmosféricas e oceânicas.	1	Monografia introdutória para o relatório final	X	X	X	X	X	X
2. Testes de sensibilidade considerando o vento absoluto e o vento relativo no cálculo da tensão de cisalhamento do vento, na componente oceânica do modelo regional acoplado.	2	Análise dos resultados numéricos obtidos e comparação entre as duas simulações.	X	X	X			
3. Participar de coletas de dados <i>in situ</i> na região do Oceano Atlântico Sudoeste e sector Atlântico do	3	Análise dos dados coletados <i>in situ</i> e comparação das metodologias utilizadas no				X	X	



oceano Austral.		cálculo da tensão de cisalhamento do vento com os dados <i>in situ</i> e nos modelos						
4. Testes com as componentes oceânica, atmosférica e de ondas do modelo regional acoplado	4	Modelo numericamente estável e realizando os experimentos		X	X	X		
5. Investigar o resultado hidrodinâmico e termodinâmico das componentes oceânica, atmosférica e de ondas do modelo regional acoplado	4	Análise dos resultados numéricos obtidos e comparação com observações coletadas <i>in situ</i> assim como, dados de satélite e reanálise.				X	X	X
6. Elaboração de relatórios e/ou artigos científicos para divulgação dos resultados obtidos na pesquisa	1, 2, 3, 4	Relatórios e demais trabalhos técnicos e científicos	X	X	X	X	X	X

1.2.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Meses 2024					
	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO
Atividade 1	X	X	X	X	X	X
Atividade 2	X	X	X			
Atividade 3				X	X	
Atividade 4		X	X	X		
Atividade 5				X	X	X
Atividade 6	X	X	X	X	X	X

1.2.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas 2024					
			Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Diagnóstico acerca do acoplamento dinâmico vento-corrente e o efeito das ondas em processos e variáveis atmosféricas e oceânicas	1	Relatório técnico	X					
Efeito do acoplamento dinâmico vento-corrente no cálculo da tensão de cisalhamento do vento	2	Artigo científico						X
Diagnóstico acerca das diferentes metodologias utilizadas no cálculo da tensão de cisalhamento do vento (dados <i>in situ</i> e modelos).	3	Relatório técnico					X	
COAWST Ajustado (componentes: atmosfera-oceano-gelo marinho-ondas)	4	Relatório técnico						X

1.2.7 – Resultados Esperados



Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas 2024					
			Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1. Descrição da influência do acoplamento dinâmico vento-corrente no cálculo da tensão de cisalhamento do vento e na atividade de mesoescala oceânica.	2	Comparação dos resultados obtidos nos experimentos numéricos (considerando ou não o acoplamento vento-corrente).	X	X	X			
2. Diagnóstico e compreensão das metodologias utilizadas no cálculo da tensão de cisalhamento do vento para um futuro aprimoramento das parametrizações empregadas nos modelos.	3	Comparação das metodologias empregadas e quantificação das diferenças encontradas no cálculo da tensão de cisalhamento do vento.				X	X	
3. Aprimoramento das componentes oceânica, atmosférica e de ondas do modelo acoplado COAWST.	4	Realização de experimentos numéricos com o modelo estável.		X	X	X		
4. Verificação do desempenho das componentes oceânica, atmosférica e de ondas do modelo acoplado COAWST	4	Comparação dos resultados obtidos com os experimentos numéricos com bases observacionais independentes				X	X	X

1.2.8 - Recursos Solicitados

1.2.8.1. Custeio:

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

1.2.8.2. Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00	6	1	31.200,00
	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\$)					31.200,00



1.2.9 - Equipe do Projeto

Coordenador: Luciano Ponzi Pezzi (DIOTG/INPE)

Colaboradores:

Marcelo Santini (DIOTG/INPE)

1.2.10 - Referências Bibliográficas

- CABRERA, M.; SANTINI, M.; LIMA, L.; CARVALHO, J.; ROSA, E.; RODRIGUES, C.; PEZZI, L. The southwestern atlantic ocean mesoscale eddies: a review of their role in the air-sea interaction processes. *Journal of Marine Systems*, p. 103785, 2022.
- CHELTON, D. B.; SCHLAX, M. G.; WITTER, D. L.; RICHMAN, J. G. Geosat altimeter observations of the surface circulation of the southern ocean. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, v. 95, n. C10, p. 17877–17903, 1990.
- 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.
- LENTINI, C. A.; OLSON, D. B.; PODESTÁ, G. P. Statistics of Brazil Current rings observed from AVHRR: 1993 to 1998. *Geophysical Research Letters*, v. 29, n. 16, p. 58–1, 2002.
- 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.
- LUO, J.-J.; MASSON, S.; ROECKNER, E.; MADEC, G.; YAMAGATA, T. Reducing climatology bias in an ocean–atmosphere cgcm with improved coupling physics. *Journal of Climate*, v. 18, n. 13, p. 2344–2360, 2005.
- OERDER, V.; COLAS, F.; ECHEVIN, V.; MASSON, S.; LEMARIÉ, F. Impacts of the mesoscale ocean-atmosphere coupling on the peru-chile ocean dynamics: the current-induced wind stress modulation. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, v. 123, n. 2, p. 812–833, 2018.
- 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.
- PEZZI, L. P.; SOUZA, R. B. de; ACEVEDO, O.; WAINER, I.; MATA, M. M.; GARCIA, C. A.; CAMARGO, R. de. Multiyear measurements of the oceanic and atmospheric boundary layers at the Brazil-Malvinas Confluence region. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, v. 114, n. D19, 2009
- PIOLA, A.; MATANO, R. Ocean currents: Atlantic western boundary—Brazil current/Falkland (Malvinas) current. *Reference module in earth systems and environmental sciences*. [S.l.]: Elsevier, 2017. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.10541-X>.
- 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.
- SOUZA, R.; PEZZI, L.; SWART, S.; OLIVEIRA, F.; SANTINI, M. Air-sea interactions over eddies in the Brazil-Malvinas confluence. *Remote Sensing*, v. 13, n. 7, p. 1335, 2021.
- SUGIMOTO, S.; AONO, K.; FUKUI, S. Local atmospheric response to warm mesoscale ocean eddies in the kuroshio–oyashio confluence region. *Scientific Reports*, v. 7, n. 1, p. 11871, 2017.
- 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 1: PESQUISA E DESENVOLVIMENTO COM BASE EM DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO À CARACTERIZAÇÃO E MONITORAMENTO DE ECOSISTEMAS DO TERRITÓRIO NACIONAL

Subprojeto 1.3 - Estruturação de bases cartográficas para aquisição de dados de altíssima precisão espacial

1.3.1 - Introdução

A estruturação, que está sendo proposta, servirá de guia para a realização das delimitações de áreas de inundação, com a máxima precisão, para que se possa realizar estudos quantitativos de perdas econômicas, sociais e ambientais (biodiversidade) destas áreas. A seguir, descreve-se brevemente este contexto.

A meta final, onde a estruturação aqui proposta se aplicará, será o desenvolvimento de uma metodologia para delimitação de inundações de áreas costeiras urbanizadas. Propõe-se sair da percepção intuitiva do problema para delimitações, com precisão cartográfica, que indique ao gestor público ou privado quantificações de perdas econômicas, sociais e ambientais. A pergunta a ser respondida é: qual a mudança de localização da linha de maré baixa e de maré alta, de forma permanente, causando perda total de área terrestre, no primeiro caso, e intermitente, no segundo? Este trabalho será baseado em dados de altimetria de altíssima resolução adquiridos por drone, sendo metodologia para pequenas distâncias, uma praia ou uma cidade de cada vez. Assim, as variáveis serão consideradas constantes. A linha de maré baixa ou alta poderá ser tomada como uma isolinha. Os passos para a execução deste trabalho são:

Aquisição de altimetria

O oceano subirá na ordem de centímetros como consequência do aumento de temperatura da Terra. A altimetria tem de ser compatível com esta escala. A aquisição da altimetria será feita em áreas urbanas ou praias urbanizadas. A aquisição da altimetria se dará por levantamento aerofotogramétrico utilizando-se da plataforma Drone seguindo normas técnicas da ABNT e do IBGE.

Preparação dos dados de altimetria adquiridos

As imagens adquiridas, com resolução centimétrica, serão utilizadas na geração das grades de altimetria, que são os dados de base para a simulação dos avanços das linhas de marés. Antes, porém, estas imagens devem ser georreferenciadas.

Georreferenciamento das imagens

Serão instalados pontos de controle, espalhados pelas áreas de trabalho, com material reflexivo facilmente detectado pela câmera do Drone. Para cada ponto, a medida de sua coordenada será adquirida por meio de equipamento receptor GNSS. Um deles ficará em uma base e o ponto será utilizado nesta tarefa.

Definição das linhas de marés

A linha de maré baixa definirá a porção da superfície costeira inundada permanentemente. A linha de maré alta definirá a porção da superfície a ser inundada duas vezes por dia. Elas serão representadas por um único valor de altimetria, sendo aqui chamadas de linhas de isomars. Elas serão definidas com o emprego de tabelas maregráficas, aquisição de dados em campo e pelas imagens adquiridas pelo DRONE. Essas linhas servirão de base, juntamente com a grade altimetria para simular o avanço do nível do oceano.

Cenários de inundação

Vários cenários serão criados, com diferentes incrementos aos valores de altimetria das linhas de marés. Os pontos da grade altimetria da superfície costeira, com valores menores que o da linha de maré, serão considerados como áreas inundadas. 6. Elementos da superfície existentes na área inundada As imagens, adquiridas pelo DRONE e outras se houver necessidade, serão utilizadas para a identificação dos elementos urbanos que se encontram em áreas de possível inundação. Esta análise, que será mais qualitativa, possibilitará ao gestor identificar as perdas econômicas, sociais e ambientais em seu município.

1.3.2 - Objetivo

Estudo e implementação da estrutura para trabalho de campo a fim de adquirir imagens e dados de altimetria com máximas acurácia e resolução. Isto servirá de base para o desenvolvimento do projeto visando a delimitação de áreas costeiras inundadas, provocadas pelo aumento do nível do oceano devido ao aquecimento global da Terra. As áreas a serem, individualmente,



estudadas serão pequenas, de poucos quilômetros, para que possa utilizar drones e alcançar o melhor resultado cartográfico possível. Para tanto, além da equipe de desenvolvimento do projeto, contaremos com a parceria de pesquisadores do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Além disso, um trabalho de reconhecimento das áreas mais susceptíveis a inundações será realizado. O estudo do avanço do nível do oceano pode afetar de forma significativa a biodiversidade que vive nas áreas costeiras.

Este subprojeto está alinhado ao Projeto 1 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1. Este subprojeto está associado ao TAP 01340.007007/2023-69.

Descrição dos objetivos específicos

As atividades, para realização desta proposta, ou seja, para estruturar os trabalhos de campo para coleta de dados de altimetria em pequenas áreas serão:

C1. Levantamento de áreas de inundação no litoral paulista

A área de estudo será definida dentro do litoral paulista. Para tanto, um levantamento dos locais com mais potencial de inundação será realizado a partir de dados de altimetria SRTM na resolução de 30 metros.

C2. Seleção das áreas de estudo

Algumas áreas de estudo, entre as apontadas no item anterior, serão selecionadas para o emprego da estruturação que será definida neste trabalho. Os critérios iniciais são áreas próximas entre si, com facilidade de operar drones e mais próximas de São José dos Campos, para diminuir os custos na aquisição de dados.

C3. Definição da referência cartográfica oficial

A referência cartográfica oficial será buscada e a forma de acessá-la, dentro do trabalho de aquisição de dados de controle em campo, será definida. Esta referência será a base principal para a otimização dos resultados do levantamento de dados em campo. Para este trabalho contaremos com o conhecimento de especialistas do IBGE.

C4. Planejamento de coleta de pontos

A aquisição de pontos é uma tarefa que se faz em solo, nas áreas de estudo. É composta das seguintes partes: (1) definição dos pontos de base para fixar um receptor de GNSS, em cada área; (2) planejamento para distribuição dos pontos em cada área de estudo, de onde as coordenadas geográficas serão adquiridas e os refletores serão instalados. Estes refletores serão empregados no trabalho de georreferenciamento das imagens; (4) planejamento dos voos com os drones para aquisição das imagens.

C5. Relatório das atividades

Este relatório conterá a descrição da estrutura de trabalho criada, bem como os resultados e produtos gerados. Descreverá, em particular, os elementos sensíveis desta estrutura, ou seja, aqueles que dependem da especificidade de cada área.

1.3.3 – Insumos

1.3.3.1 – Insumos

Não se aplica.

1.3.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI Categoria/ Nível	Meses	Qtde
1.3.1	Profissional com 10 (dez) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior em Engenharia Cartográfica ou áreas afins; ou com título de	Sensoriamento Remoto com conhecimento em cartografia	C1 a C5	D - A	6	1



doutor há, no mínimo, 2 (dois) anos; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 6 (seis) anos					
--	--	--	--	--	--

1.3.4 - Atividades de execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas - 2024
1. Definição das áreas de estudo	C.1, C.2	Mapas de todo o litoral paulista contendo: mapa dos buffers de altimetria vizinhos ao litoral; mapa das áreas com maior potencial de inundação, segundo os dados do SRTM de 30 metros; mapa mostrando as áreas selecionadas para futuro trabalho.	Finalização destes mapas até dia 15 de agosto.
2. Definição do ponto de referência cartográfico	C.3	Mapa contendo a localização precisa deste ponto; relatório descrevendo as justificativas cartográficas para a escolha deste ponto.	Mapa e relatório finalizados até final de setembro
3. Planejamento visando a execução do levantamento de pontos de controle e das imagens	C.4	Mapa descritivo do planejamento dos voos com o drone para aquisição das imagens para cada área de trabalho; mapa contendo os locais de futuras coletas de pontos de controle para cada área de estudo; fotografia e descrição de cada ponto base em cada área de estudo; relatório descritivo de cada informação contida nestes mapas.	Mapas e relatório finalizados até o final de novembro
4. Revisão dos resultados e relatório final	C.5	Relatório final contendo todas informações geradas, após revisão final salientando os aspectos sensíveis particulares de cada área de estudo.	Relatório final pronto até final de dezembro.

1.3.5 – Cronograma de atividades

Atividades	Mês (2024)					
	1	2	3	4	5	6
1. Definição das áreas de estudo						
2. Definição do ponto de referência cartográfico						
3. Planejamento visando a execução do levantamento de pontos de controle e das imagens						
4. Revisão dos resultados e relatório final						

1.3.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas (2024)
Repositório contendo os mapas digitais	C1, C2, C3, C4	7 mapas	Banco de dados de mapas



gerados neste trabalho			
Relatório técnico	C5	Um relatório técnico publicado	Publicação de um relatório técnico na biblioteca do INPE

1.3.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas 2024					
			Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Áreas costeiras com maior potencial de inundação do Estado de São Paulo	C1	Mapa contendo estas áreas	X	X				
Áreas de estudo selecionadas	C2	Mapa de cada área de estudo e justificativa para estas escolhas			X			
Ponto de referência cartográfica definido	C3	Localização geográfica do ponto e justificativa de sua seleção			X			
Planejamento, das coletas dos pontos de controle, dos pontos de base e dos voos para cada área de estudo, realizado	C4	Mapa contendo a localização dos pontos de controle, mapa com a identificação do ponto de base e mapa com a programação do voo para cada área de estudo				X	X	
Relatório final do projeto escrito.	C5	Relatório do projeto						X

1.3.8 - Recursos solicitados

Bolsas

PCI	Categoria/Nível	Mensalidade	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00	6	1	31.200,00

1.3.9 - Equipe do Projeto

Sergio Rosim
Cláudia Cristina dos Santos
Carlos Alberto Felgueiras
Eduardo Celso Gerbi Camargo
Laércio Massaru Namikawa
Sidnei João Siqueira Sant'Anna
Jussara de Oliveira Ortiz
Julio Cesar Lima D'Alge



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

Subprojeto 1.4: Desenvolvimento de Metodologias para Monitoramento de Obras Civis por Meio de Imagens de Satélite Brasileiros

1.4.1 - Introdução

O Projeto 1 se refere explicitamente ao monitoramento de ecossistemas por meio de sensoriamento remoto. Apesar de obras civis e infraestruturas não pertencerem a ecossistemas específicos, seu monitoramento é essencial tanto para a otimização de aplicações de recursos públicos que poderiam ter sido alocados para o monitoramento de ecossistemas, como para monitorar as áreas ocupadas por estas obras. Além das justificativas acima, as técnicas existentes para o Monitoramento dos Biomas Brasileiros podem ser estendidas para as obras civis, assim como as técnicas desenvolvidas para as obras civis podem aprimorar os mecanismos de monitoramento dos biomas. Deste modo, este subprojeto estende, complementa e se beneficia das técnicas de monitoramento dos biomas.

O objetivo geral do subprojeto é aprimorar os mecanismos de fiscalização de infraestrutura e obras civis através do uso de Imagens de Satélite. Os objetivos específicos são o desenvolvimento de metodologias em processamento de imagens e geoinformática para o monitoramento de infraestrutura e obras civis por imagens de satélite e a disseminação destas metodologias para serem utilizadas pelos órgãos de controle, como os Tribunais de Contas e os conselhos de classe (Conselho de Arquitetura e Urbanismo – CAU e Conselhos Regionais de Engenharia e Agronomia - CREA). Os órgãos de controle necessitam ferramentas que aumentem a eficiência das fiscalizações e, com a habilidade de executar remotamente parte das fiscalizações ou escolher aquelas que se mostram com mais problemas, permitem que sejam otimizados tanto a aplicação dos recursos nas obras civis e de infraestrutura quanto nos recursos aplicados para as fiscalizações.

O subprojeto está incluído no portfólio institucional do INPE de iniciativas sob a categoria Desenvolvimento Tecnológico, com Termo de Abertura de Projeto aprovado (Processo SEI nº 01340.002431/2022-36) bem como no Projeto do Programa de Capacitação Institucional PCI 2019-2023, sob o número 400077-2022-1, atendendo ao Objetivo Específico 4 do referido Programa.

1.4.2 - Objetivos

O objetivo deste Subprojeto PCI é desenvolver metodologias de detecção de alterações em imagens de satélite de alta resolução que indiquem o estado corrente de uma obra civil ou de infraestrutura. A comparação com o projeto da obra civil ou de infraestrutura deve indicar se o cronograma da obra está sendo seguido ou não. Para tanto, será necessário atingir os seguintes objetivos específicos:

- A. Levantar a disponibilidade e o formato de projetos de obras civis e de infraestrutura.
- B. Propor uma estrutura de banco de dados e de acesso aos projetos de obras civis e de infraestrutura.
- C. Definir métodos de detecção de mudanças adequados aos alvos (obras civis e de infraestrutura) em imagens de satélite.
- D. Definir métodos de quantificação de alterações entre imagens de datas diferentes.
- E. Definir métodos de comparação entre as alterações nas imagens e os projetos de obras civis e de infraestrutura.

1.4.3 - Insumos

1.4.3.1 - Custeio

Para a demanda atual, considerando bolsas de 6 meses, não se pleiteia valores de custeio.

Finalidade	Ítem de custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)
-	-	-

1.4.3.2 - Bolsas

Código	Formação Acadêmica/Titulação	Área de experiência	Objetivo específico	PCI Categoria/	Meses	Qtde
---------------	-------------------------------------	----------------------------	----------------------------	-----------------------	--------------	-------------



				nível		
1.4.1	Profissional com 5 (cinco) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior em Geografia ou áreas afins; ou com grau de mestre	Qualquer das áreas Interdisciplinares a seguir: Sensoriamento Remoto ou áreas correlatas	A-D	D-C	6	1

1.4.4 - Atividades de Execução

Para atingir o objetivo geral e os objetivos específicos do projeto, as seguintes atividades são necessárias:

1. Levantar a disponibilidade e o formato de projetos de obras civis e de infraestrutura;
2. Definir a estrutura de banco de dados e de acesso aos projetos de obras civis e de infraestrutura;
3. Definir uma área de teste baseada na disponibilidade de imagens e dados sobre os projetos;
4. Levantar os métodos de detecção de mudanças adequados em imagens de satélite;
5. Definir o método de quantificação de alterações nos alvos de interesse entre imagens de datas diferentes;
6. Definir o método de comparação entre as alterações nas imagens e os projetos de obras civis e de infraestrutura;
7. Analisar e reportar a metodologia desenvolvida; e
8. Apresentar os resultados em reunião científica e submeter um artigo para publicação em revista revisada por pares.

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
1	A	Relatório com as informações sobre formatos e disponibilidade de projetos de obras civis	x
2	B	Relatório com a proposta de estrutura de banco de dados	x
3	C	Mapas com imagens das áreas de teste e dos projetos de obras	x
4	C	Relatório com os métodos de detecção de mudanças adequados	x
5	D	Relatório com o método de quantificação de alterações nos alvos de interesse entre imagens de datas diferentes	x
6	E	Relatório com o método de comparação entre as alterações nas imagens e os projetos de obras civis	x



		e de infraestrutura	
7	A-B-C-D-E	Relatório com a metodologia desenvolvida	x
8	A-B-C-D-E	Apresentação e publicação dos resultados	x

1.4.5 - Cronograma de Atividades

Atividades	Meses					
	Jul/2024	Ago/2024	Set/2024	Out/2024	Nov/2024	Dez/2024
1	x					
2	x	x				
3		x	x			
4			x	x		
5			x	x		
6				x	x	
7	x	x	x	x	x	
8	x	x	x	x	x	x

1.4.6 - Produtos

Produtos	Objetivo específico	Indicadores	Metas
			2024
Relatórios e Mapas	A-B-C-D-E	Desenvolvimento de metodologia	x
Publicação em revista científica.	A-B-C-D-E	Publicação contendo os resultados obtidos	x

1.4.7 - Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas (2024)					
			Jul	Ag o	Set	Out	Nov	De z
Desenvolvimento de metodologia para extrair informações sobre o estágio de implementação de Obras Civas e de Infraestrutura	1.1	Metodologia desenvolvida					X	X



1.4.8 - Recursos solicitados

Custeio:

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

Bolsas:

PCI	Categoria/Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5200,00			
	B	4160,00			
	C	3380,00	6	1	20.280,00
	D	2860,00			
	E	1950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6500,00			
	2	4450,00			
Total (R\$)					20.280,00

1.4.9 - Equipe do projeto

- Laercio Massaru Namikawa <laercio.namikawa@inpe.br>
- Helena Krieg Boscolo <helena.boscolo@inpe.br>
- Alexandre Junqueira Homem de Mello <homem.mello@inpe.br>



PROJETO 3: INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

Subprojeto 3.1: Desenvolvimento de interfaces para o 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.

Há um software em desenvolvimento que contemplará as funcionalidades necessárias para a gestão do portfólio de programas, projetos, tecnologias, serviços e produtos do INPE; baseado em plataformas mais recentes e robustas das que a utilizada na versão 1.0, que permitirá o acesso simultâneo via web de vários usuários, com controle e segurança adequados, e que incluirá a gestão da propriedade intelectual e outras atribuições regimentais do SEPEC.

Este projeto prevê o desenvolvimento de interfaces de importação, exportação e visualização de dados a serem implementadas no software de gestão de portfólio de projetos.

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 interfaces para o software de gestão de portfólio de projetos" é desenvolver e implementar interfaces de importação, exportação e visualização de dados para o software de gestão de portfólio de programas, projetos, produtos, serviços e tecnologias do INPE.

São objetivos específicos do projeto:

O1 - Desenvolver interface para importação de dados de Termos de Abertura de Projeto do Sistema Eletrônico de Informações (SEI) diretamente para o sistema de gestão de portfólio do INPE.

O2 - Desenvolver interfaces para importação de dados do Formulário de Acompanhamento de Projeto do Sistema Eletrônico de Informações (SEI) diretamente para o sistema de gestão de portfólio do INPE.

O3 – Documentar o desenvolvimento das interfaces.

3.1.3 - Insumos

3.1.3.1 – Custeio

Não são previstas despesas de custeio.

3.1.3.2 – Bolsas



Necessidade de agregação de especialistas, pesquisadores e técnicos, com vistas à execução dos objetivos específicos do subprojeto 1, bem como, o quantitativo de bolsas PCI por nível necessário à inclusão destes recursos humanos.

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Qtde
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 científicos, tecnológicos ou de inovação	Desenvolvimento de banco de dados/sistemas de informação/interfaces web; Linguagens de programação e ferramentas <i>open source</i>	O1, O2, O3	DD	6	1

3.1.4 - Atividades de Execução

Atividades que levarão ao cumprimento dos objetivos específicos do projeto:

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas (mês)					
			01	02	03	04	05	06
Definição dos requisitos de importação	O1 e O2	I1 – Relatório de acompanhamento	X					
Desenvolvimento da interface de importação do Termo de Abertura de Projeto	O1	I2 – Implementação da interface de importação de Termo de Abertura de Projeto				X		
Desenvolvimento da interface de importação do Formulário de Acompanhamento de Projetos	O2	I3 – Implementação da interface de importação de Formulário de Acompanhamento de Projeto						X
Documentação do desenvolvimento	O3	I4 – Documentação do código desenvolvido						X
Elaboração do relatório de acompanhamento de atividades	O1, O2 e O3	I5 – Relatório de atividades e parecer técnico						X

3.1.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Mês					
	07/24	08/24	09/24	10/24	11/24	12/24



Definição dos requisitos de importação	X					
Desenvolvimento da interface do Termo de Abertura de Projeto		X	X	X		
Desenvolvimento da interface do Formulário de Acompanhamento de Projetos				X	X	X
Documentação do desenvolvimento	X	X	X	X	X	X
Elaboração do relatório de acompanhamento de atividades					X	X

3.1.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Mês					
			01	02	03	04	05	06
Interface de importação do Termo de Abertura de Projeto	O1	I1, I2 e I4			X			
Interface de importação do Formulário de Acompanhamento de Projeto	O2	I1, I3 e I4						X
Relatório de acompanhamento de atividades	O1, O2 e O3	I5						X

3.1.7 – Resultados Esperados

Espera-se que nessa etapa o sistema seja capaz de importar informações dos formulários de Termo de Abertura de Projeto e de Acompanhamento de Projeto diretamente do SEI, 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	6	1	17.160,00
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					17.160,00



3.1.9 - Equipe do Projeto

Alberto de Paula Silva - Tecnologista - COGPI/SEPEC
Marjorie Xavier - Analista de C&T - COGPI/SEPEC
Nelson Veissid - Pesquisador - COGPI/SEPEC
Ana Carolina das Neves - Estagiária - COGPI/SEPEC
Renato Henrique Ferreira Branco - Tecnologista - COGPI



PROJETO 3: INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

Subprojeto 3.2: Estudo e Desenvolvimento de Metodologia para Contratação de Encomendas Tecnológicas

3.2.1 – Introdução

Como instrumento da política de inovação pelo lado da demanda no Brasil, a Encomenda Tecnológica (ETEC) é a compra direta de serviços de Pesquisa e Desenvolvimento para a obtenção de uma solução determinada, existindo risco tecnológico. Risco tecnológico é a incerteza de que o objeto demandado, que requer a aplicação inédita e especulativa de uma tecnologia ainda imatura, possa ser alcançado.

[1]

A Encomenda Tecnológica (ETEC) é um dos instrumentos de estímulo à inovação, instituídos pela Lei 10.973/2004 (Lei de Inovação), alterada pela Lei 13.243/2016 e regulamentada pelo Decreto 9.283/2018. A ETEC também é prevista como um dos casos de dispensa de licitação, conforme art. 24, inciso XXXI, da Lei 8.666/1993, que se aplica ao presente instrumento subsidiariamente, visto que a Lei de Inovação prevê regras específicas para esse tipo de contratação. [2]

A ETEC pode ser adotada em situações de falha de mercado e alto nível de incerteza, ou seja, quando o Estado se depara com um problema ou uma necessidade cuja solução não é conhecida ou não está disponível e envolve risco tecnológico. Nesse tipo de situação, a Administração Pública pode apresentar o problema para o mercado e identificar potenciais interessados em investir no desenvolvimento da solução. São identificados os potenciais interessados que apresentam maior probabilidade de sucesso, com possibilidade de contratação de mais de um. [2]

Dessa forma, este projeto está associado à iniciativa de capacitação institucional no campo de inovação de métodos e processos organizacionais, e tem como objetivo apoiar a elaboração de metodologia para operacionalização das contratações de ETECs, com enquadramento no Projeto 3 - INOVAÇÃO TECNOLÓGICA do Programa de Capacitação Institucional (PCI) do INPE.

3.2.2 - Objetivo Geral

Apoiar o desenvolvimento e implantação de metodologia para operacionalização das contratações de Encomendas Tecnológicas (ETECs), alinhadas com a Política de Inovação no INPE e com a Lei da Inovação e suas regulamentações, fortalecendo as capacidades de pesquisa, desenvolvimento e geração de inovação do Instituto em conformidade com suas diretrizes estratégicas, através de:

Objetivo Específico 1:

Realizar revisão bibliográfica, analisar outras contratações de ETECs realizadas por outras instituições, identificando as metodologias aplicadas.

Objetivo Específico 2:

Elaborar metodologia e proposta de norma interna para a realização de contratações de ETECs pelo INPE.

3.2.3 - Insumos

3.2.3.1 – Custeio

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



a) apoiar a participação de integrantes da equipe do projeto em estágios, cursos ou visitas no País, para aquisição de conhecimentos específicos e necessários ao desenvolvimento do projeto;

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

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

3.2.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Qtde
3.2.1	Profissional com 7 (sete) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior em Engenharias, Administração ou áreas afins; ou com título de doutor; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 4 (quatro) anos	Administração, Engenharias ou áreas afins	1	PCI-DB	6	1

3.2.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores
Atividade 1 Revisar a legislação, normas externas e internas aplicáveis e demais referências relacionadas à contratação de ETECs	1	Entrega do relatório preliminar da revisão bibliográfica
Atividade 2 Pesquisar e analisar outras contratações de ETECs realizadas por outras instituições identificando as metodologias aplicadas	1	Entrega do relatório preliminar de análise das contratações realizadas por outras instituições
Atividade 3 Apoiar a elaboração de metodologia para realização de contratações de ETECs	2	Entrega do relatório preliminar contendo a metodologia para realização de contratações de ETECs
Atividade 4 Apoiar a elaboração de uma proposta de norma interna para contratações de ETECs	2	Entrega da proposta de norma interna para contratações de ETECs

3.2.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	2024					
	Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	Mês 6



Atividade 1	X	X				
Atividade 2		X	X			
Atividade 3			X	X	X	
Atividade 4					X	X

3.2.6 – Produtos

- Relatório preliminar da revisão bibliográfica;
- Relatório preliminar de análise das contratações realizadas por outras instituições;
- Relatório preliminar contendo a metodologia para realização de contratações de ETECs;
- Proposta de norma interna para contratações de ETECs.

3.2.7 – Resultados Esperados

- Aquisição de conhecimentos necessários para a realização de contratações de ETECs;
- Contratação de equipamentos e serviços inovadores, com alto valor tecnológico agregado;
- Transferência de conhecimentos científicos e tecnológicos e estímulo à inovação no setor privado;
- Benefícios à sociedade com a geração de novos produtos e tecnologias relacionados ao Setor Espacial.

3.2.8 - 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	N/A
Passagens	N/A
Total (R\$)	N/A

Bolsas:

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



PCI-D	B	4.160,00	6	1	24.960,00
Total (R\$)					24.960,00

3.2.9 - Equipe do Projeto

- José Daniel Reis Júnior – Coordenador da bolsa
- Eliane Ayres Pereira
- Fadwa Muhieddine Dahrouge Omairi
- Karina Pimenta Guedes Rabbath
- Andressa Rúbio Zamperlini

3.2.10 - Referências Bibliográficas

[1] <https://portal.tcu.gov.br/licitacoes-e-contratos-do-tcu/licitacoes/etec/>

[2] <https://portal.tcu.gov.br/encomenda-tecnologica-etec.htm>

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

[4] ENCOMENDAS TECNOLÓGICAS NO BRASIL: GUIA GERAL DE BOAS PRÁTICAS, 2019, IPEA.



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

SubProjeto 4.1: Desenvolvimento de um Propulsor de Plasma Pulsado de um Estágio

4.1.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 4 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2019-2023 e é parte do projeto “Propulsor de Plasma Pulsado para uso em nanossatélite” referente ao **TAP com processo SEI 01340.005318/2021-21**. Propulsores de plasma pulsado são propulsores elétricos para satélites e sondas espaciais que utilizam forças de origem elétrica para acelerar o propelente a velocidades até dez vezes maiores do que propulsores químicos convencionais e, portanto, podem consumir até dez vezes menos propelente. Isto permite que o veículo seja mais leve, que se carregue mais carga útil ou que o tempo da missão possa ser aumentado ou ainda que o alcance da missão possa ser aumentado. No Brasil, o Laboratório de Propulsão Elétrica Espacial do Laboratório Associado de Combustão e Propulsão (LABCP), parte do COPDT da CGIP do INPE desenvolve pesquisas em propulsão elétrica de plasma pulsado envolvendo protótipos inovadores deste tipo de propulsor. O objetivo deste projeto é o desenvolvimento de um protótipo de um propulsor de plasma pulsado, PPT para aplicação em satélites.

Devido às restrições orçamentárias **este projeto contempla 6 meses** de um projeto de 5 anos de desenvolvimento do protótipo do propulsor de plasma pulsado de um estágio, PPT – Pulse Plasma Thruster. Este projeto de 6 meses produzirá a primeira fase do projeto do PPT.

4.1.2 - Objetivo Geral

O objetivo geral do projeto é o de desenvolver o propulsor de plasma pulsado para uso em satélites e sondas espaciais. *Este projeto contempla 6 meses de trabalho referentes ao objetivo específico 1. Ao final deste projeto será entregue a primeira fase do projeto.*

O projeto completo, que tem 5 anos de duração, é descrito neste documento para facilitar a avaliação e compreensão das atividades. Entretanto, **apenas a fase 1 do objetivo 1, será contemplada**. O projeto completo compreende os seguintes objetivos:

Objetivo Específico 1:

Objetivo 1A: Fase 1 do Projeto do protótipo do Propulsor de Plasma Pulsado (Objeto deste projeto)

Objetivo 1B: Fase 2 do Projeto do Protótipo do Propulsor de Plasma Pulsado

Objetivo Específico 2: Aquisição das partes para construção do PPT

Objetivo Específico 3: Montagem do PPT

Objetivo Específico 4: Integração do PPT na balança de empuxo na câmara de vácuo

Objetivo Específico 5: Testes básicos de funcionamento do propulsor na balança de empuxo em vácuo

Objetivo Específico 6: Testes longos de funcionamento e levantamento de características do PPT



Objetivo Específico 7: Relatório com sugestões para a próxima fase

4.1.3 - Insumos

4.1.3.1 – Custeio

Não existe previsão de custeio pois este é um projeto para bolsas PCI. Porém, o custeio está descrito no TAP e é necessário que os recursos estejam disponíveis.

4.1.3.2 – Bolsas

O bolsista ora contratado trabalhará na **fase 1 do objetivo específico 1** por 6 meses e produzirá a fase 1 do projeto do PPT. Para o bom andamento do projeto é fundamental destacar a necessidade de estrita observação da qualificação necessária para a contratação do bolsista do projeto, sua formação acadêmica e área de experiência prévia, conforme tabela abaixo.

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria / nível	Meses	Qtde
4.1.1	Profissional com 10 (dez) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior em Engenharia Elétrica ou áreas afins; ou com título de doutor em Engenharia Elétrica ou Engenharia Espacial ou áreas afins há, no mínimo, 2 (dois) anos; ou ainda, com grau de mestre em Engenharia Elétrica ou Engenharia Espacial ou áreas afins há, no mínimo, 6 (seis) anos	Engenharia Elétrica Necessária experiência em desenvolvimento de dispositivos eletrônicos para sistemas embarcados, microcontroladores, programação em “C” para microcontroladores, experiência com o software AutoDesk Inventor e experiência de trabalhos em alta tensão. É desejável experiência com projetos mecânicos de baixa complexidade usando AutoDesk Inventor ou similar, conhecimentos do Software EAGLE de projeto de circuitos elétricos e NI LabView. Além disso, é desejável experiência com câmaras de vácuo.	1A	D-A	6	1

4.1.4 - Atividades de Execução e Cronograma de Atividades

Apenas a atividade 1 está prevista nesta fase do projeto PCI.

Número da Atividade	Nome da Atividade	Objetivo Específico	Indicadores	Cronograma						
				T + 6	T + 12	T + 18	T + 24	T + 30	T + 36	
1	Projeto do protótipo do Propulsor de Plasma Pulsado (PPT) – FASE 1	1A	Fase 1 do Projeto do propulsor concluído	X						
2	Projeto do protótipo do Propulsor de Plasma Pulsado (PPT) – FASE 2	1B	Fase 2 do Projeto do propulsor concluído		X					
3	Aquisição de partes, insumos e contratação de serviços necessários para a fabricação do protótipo do propulsor, incluindo equipamentos, componentes elétricos e eletrônicos e PCBs.	2	Todos os serviços de fabricação das partes do PPT contratados. Todas as peças para a fabricação do protótipo disponíveis.			X				
4	Montagem do Protótipo do Propulsor de Plasma Pulsado (PPT)	3	Protótipo do PPT montado.			X	X			
5	Aquisição de todas as partes, insumos e contratação de todos os serviços necessários para a montagem do protótipo do propulsor na balança de empuxo, incluindo conexões, interfaces elétricas, passadores de vácuo, adaptadores e sistemas de aquisição de dados e controle.	3	Partes, insumos e serviços necessários para a montagem do PPT comprados e contratados, respectivamente.			X	X			
6	Montagem do protótipo do propulsor na balança de empuxo e conexão das interfaces elétricas	4	PPT montado na balança de empuxo				X			
7	Teste de funcionamento do protótipo do propulsor acoplado à balança	5, 6	Testes de curta e longa duração executados e dados de desempenho coletados.				X	X	X	
8	Relatório dos testes com recomendações para a próxima fase	7	Relatório com resultados dos testes e com recomendações para a próxima fase concluído.							X

4.1.5 – Produtos



Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Cronograma					
			T + 6 meses	T + 12 meses	T + 24 meses	T + 36 meses	T + 48 meses	T + 60 meses
Documento do Projeto do Propulsor de Plasma Pulsado – FASE 1	1A	Indicador 1	X					
Protótipo de Propulsor de Plasma Pulsado caracterizado com recomendações para a próxima fase de desenvolvimento	1B 2-7	Indicadores 1B 2-7						X

4.1.6 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Cronograma					
			T + 6 meses	T + 12 meses	T + 24 meses	T + 36 meses	T + 48 meses	T + 60 meses
Realização da FASE 1 do Projeto do PPT	1A	Indicador 1A	X					
Desenvolvimento de um PPT	1B 2-7	Indicador 1B 2-7						X

4.1.7 - Bolsas

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00	6	1	31.200,00
	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\$)					31.200,00



4.1.8 - Equipe do Projeto

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

4.1.9 - Bibliografia

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

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

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

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

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



PROJETO 4: PROJETO DE DESENVOLVIMENTO E DE PESQUISAS DOS LABORATÓRIOS ASSOCIADOS

Subprojeto 4.2: Geração de RF a partir de Ressonadores em Anel Dividido

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. Está relacionado ao Termo de Abertura de Projeto – TAP, processo SEI N° 01340.003240/2021-19, intitulado “Eletromagnetismo Aplicado”.

Ressonadores em anel dividido (Split Ring Resonators - SSRs) compostos de materiais diferentes acoplados como linhas de transmissão não lineares (LTNLs) em linhas de fita (strip lines) podem ser uma excelente opção para a geração de RF na faixa de GHz, em especial em aplicações espaciais por causa do excelente nível de compactação do sistema. SSRs são estruturas ressonantes resultantes da indutância da estrutura de dois anéis acoplados e das capacitâncias das fendas dos anéis. Estudos realizados com uma linha de transmissão montada a partir de SRRs carregados com diodos túneis ressonantes (RTDs) nas fendas dos anéis demonstrou um melhor controle da frequência (tuning), tendo em vista a formação de um oscilador controlado por tensão (VCO) numa estrutura de linha de fita. Este tipo de projeto permite o controle de frequência numa banda larga do espectro de frequência entre 2 e 10 GHz. A principal limitação deste sistema é em termos de potência, não sendo adequado acima de algumas dezenas de watts na banda superior de frequência, o que não é uma restrição para aplicações em sistemas de transmissão de RF de pequenos satélites ou Cubesats.

4.2.2 - Objetivo Geral

O objetivo geral do projeto 1 deverá estar vinculado diretamente às diretrizes estratégicas da instituição.

Este Objetivo, associado às estratégias de Recursos Humanos e Desenvolvimento Científico e Tecnológico, visa elevar a capacidade de atendimento às demandas internas e externas para pesquisa, serviços de natureza tecnológica e operação da CGIP.

Objetivo Específico 1: 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.

OE.2.1.: Desenvolvimento de novos dispositivos para geração de RF

4.2.3 - Insumos

4.2.3.1 – Custeio

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

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

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



--	--	--

4.2.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria /nível	Meses	Qtde
4.2.1	Profissional com 7 (sete) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior em Engenharia Elétrica/Eletrônica/ Telecomunicações, Física ou áreas afins; ou com título de doutor; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 4 (quatro) anos	Ter conhecimento em projetos na área de RF e de simulação eletromagnética com experiência profissional na área de pelo menos 2 anos	1	D-B	6	1

4.2.4 - Atividades de Execução

Atividades	O.E	Ind.	Metas					
			2024					
			07	08	09	10	11	12
Simulação do Ressonador no software HFSS	2.1	% ex.	50	50				
Construção do Ressonador em PCB	2.1	% ex.			100			
Experimento do ressonador na faixa de GHz	2.1	% ex.				50	50	
Publicação e confecção de Relatório	2.1	% ex.						100

4.2.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Mês					
	2024					
	07	08	09	10	11	12
Simulação do Ressonador no software HFSS	X	X				
Construção do Ressonador em PCB			X			
Experimento do Ressonador na faixa de GHz				X	X	
Publicação e Confecção de Relatório						X

4.2.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			12/2024
Ressonador em Anel Dividido	2.1	entrega	X
Artigos em Revistas	2.1	No.	1

4.2.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			12/2024
Novas Tecnologias para Sistemas Embarcados	2.1	Dispositivos de geração de RF	X



4.2.8 - Recursos Solicitados

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

Custeio:

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

a) apoiar a participação de integrantes da equipe do projeto em estágios, cursos ou visitas no País, para aquisição de conhecimentos específicos e necessários ao desenvolvimento do projeto;

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

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

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00	6	1	24.960,00
	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\$)					24.960,00

4.2.9-Equipe do Projeto

Servidores/INPE:

Dr. José Osvaldo Rossi

Mestre Joaquim Paulino Leite Neto

Colaborador Externo/UNIFESP:

Dr. Lauro Paulo da Silva Neto

4.2.10 - Referências Bibliográficas

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



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

Subprojeto 4.3: Aerogel misto de grafeno e nanotubos de carbono para aplicações aeroespaciais

4.3.1 – Introdução

Fazer uma breve descrição do projeto 1. Contextualizar o problema a ser tratado e a situação atual da pesquisa no Instituto de Pesquisa / Organização Social.

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 “Membranas e compósitos de nanotubos de carbono e grafenos” (SEI 01340.003212/2021-93) e ao Termo de Abertura de Projeto – TAP “Diamantes e materiais relacionados como materiais de gerenciamento térmico” (SEI 01340.003213/2021-38).

Em 2015, a NASA publicou um “roadmap” sobre as necessidades de nanotecnologia para suas missões aeroespaciais com prospecção até 2035 [1,2]. Nanotubos de carbono foram mencionados para diversos usos: (a) para fazer peças estruturais leves, (b) para desenvolver dispositivos de armazenamento de energia (supercapacitor / baterias), (c) instrumentos ópticos e (c) para controle térmico. As 2 últimas aplicações serão exploradas nesta proposta, e alguns detalhes são especificados abaixo:

Aerogéis de carbono nanoestruturado

Aerogel de carbono é uma classe especial de material poroso com excelentes propriedades, incluindo baixa densidade aparente, alta área específica, volume de poros alto e compatibilidade com o meio ambiente. Outro diferencial é a possibilidade de ajuste de sua superfície e textura de acordo com a aplicação, tornando-o potencial candidato para a aplicação em diversas áreas como materiais para eletrodos, dispositivos eletroquímicos, capacitores, catálise heterogênea, com especial interesse na área aeroespacial. Os primeiros aerogéis de carbono foram sintetizados a partir da pirólise de gel orgânico à base de resorcinol-formaldeído, no final dos anos 80. Atualmente, muitas outras formas de alótropos de carbono têm sido utilizadas na forma de aerogel como nanotubos de carbono, grafeno e diamantes. Dentre estes, o aerogel à base de grafeno se destaca devido à possibilidade de obtenção de um material com densidade baixa a um preço relativamente baixo.

No que se refere especificamente ao grafeno, este tem sido apregoado como um material revolucionário devido a uma combinação única de propriedades, tais como alta condutividade (térmica e elétrica), alta resistência mecânica, estabilidade química, flexibilidade, transparência ótica, alta área superficial (~2600 m²/g), dentre outras. Há que se considerar, entretanto, que tais propriedades dependem da estrutura do grafeno, o que está intrinsecamente relacionado ao protocolo de síntese adotado. Basicamente, a presença de defeitos químicos e ou/vacâncias afeta negativamente tais propriedades, inviabilizando a sua aplicação em algumas áreas, como por exemplo, em eletrônica. Em contrapartida, para muitas outras áreas os referidos defeitos não consistem em restrição, podendo até ser benéficos, como é o caso da catálise heterogênea.

Apesar de muitos avanços acerca da síntese do grafeno, há muitas entrelinhas não esclarecidas nos protocolos de preparo publicados, o que afeta principalmente a reprodutibilidade e a qualidade do material produzido. Os métodos de síntese de grafeno

mais investigados são a exfoliação mecânica, a decomposição térmica e a deposição química a vapor (CVD) [1]. Geralmente, a escolha do método de síntese está relacionada à aplicação do material. Entretanto, uma característica comum aos métodos citados é o fato de serem restritos à pequena escala. Uma rota alternativa que tem sido muito pouco investigada para a produção de grafeno é a hidrotérmica/solvotérmica, cujo controle dos parâmetros de reação permite a produção de um material com baixa concentração de defeitos e, com possibilidade de produção na escala industrial [2]. Na síntese hidrotérmica, o grafeno tem como precursor o óxido de grafeno, o qual por sua vez, tem sido convencionalmente produzido a partir do método Hummers [2]. O óxido de grafeno (GO) tem estrutura similar a do grafeno com grupos oxigenados intercalados entre as camadas, tais como epóxi, hidroxilas, ácidos carboxílicos, dentre outros. À semelhança do que ocorre na exfoliação química, a redução do GO via síntese hidrotérmica, não elimina totalmente os grupos oxigenados e, por esse motivo, o material obtido é geralmente chamado de óxido de grafeno reduzido (rGO) [3].

A fim de explorar plenamente as propriedades do grafeno, certas metodologias devem ser desenvolvidas para converter o material 2D em estruturas 3D. Assim, é muito importante preparar e caracterizar materiais de grafeno com estrutura tridimensional (3D), como aerogéis, hidrogéis e filmes macroporosos. Particularmente, os aerogéis mostram uma grande promessa e têm sido intensamente investigados [4–9]. Basta dizer que esses materiais apresentam maior condutividade elétrica do que aqueles que foram preparados por dispersão de folhas de grafeno [10–12]. Além disso, os aerogéis de grafeno podem se tornar mais leves que o ar [13]. Os aerogéis, que são preparados a partir de precursores moleculares por métodos sol-gel e seguidos de secagem (liofilização ou supercrítica) para remover os solventes dos géis úmidos e substituir com ar, são nanomateriais porosos que apresentam alta área superficial, porosidade ajustável e grandes volumes de poros. Os aerogéis podem apresentar alta porosidade (90–99%), baixa densidade (3 g cm^{-3}), baixa condutividade térmica ($0,014\text{ W m}^{-1}\text{ K}^{-1}$ à temperatura ambiente), baixo índice de refração e baixa constante dielétrica [14]. Assim, podem ser aplicados em processos catalíticos, dispositivos eletrônicos, e outros campos [15]. Por exemplo, este projeto busca caracterizar o aerogel em termos de sua condutividade térmica, para uma possível aplicação como isolante térmico aplicável em satélites e nano-satélites.

Aerogel de grafeno e nanotubos de carbono

A porosidade dos aerogéis de carbono pode ser controlada pelo tamanho e forma das nanopartículas precursoras, uma vez que os microporos estão conectados à estrutura intrapartícula, enquanto os meso e macroporos estão conectados à estrutura interpartícula [16]. Geralmente, o óxido de grafeno (GO) é o precursor apropriado para preparar conjuntos de grafeno 3D devido à sua alta dispersão em meio aquoso e sua funcionalidade. Além disso, o GO é muito útil como material de partida na síntese de aerogéis à base de grafeno (AG), porque as porções de oxigênio que estão presentes nos planos basais e nas bordas são capazes de reagir covalentemente com diferentes compostos e, assim, produzir novos materiais com propriedades que podem ser adaptadas a aplicações específicas. Foi demonstrado que o GO pode ser reduzido a grafeno por meio de um processo hidrotérmico ou por agentes redutores apropriados, produzindo (por automontagem) uma estrutura 3D com tamanhos de poros na faixa de submicron a micron [2]. Acredita-se que a automontagem ocorra devido a interações hidrofóbicas e empilhamento π - π entre as folhas reduzidas. A mistura de nanotubos de



carbono, em diferentes proporções com o GO gera estruturas 3D compostas de grafeno e nanotubos de carbono, formando o que chamaremos de AG-CNT. O AG-CNT é um material poroso de baixa densidade que consiste em uma rede de folhas agregadas de grafeno intermediada por nanotubos de carbono que exibe uma resistência mecânica relativamente alta [17,18]. Os AG-CNT, devido à sua alta área de superfície, alta porosidade, alta capacitância específica e alta estabilidade cíclica, são previstos para serem usados no armazenamento de energia como eletrodos para fontes de energia eletroquímicas, como supercapacitores, em aplicações de remoção de resíduos e detecção de gás. Eles também podem ser usados na purificação do ar e como fotocatalisadores de luz solar. Mas a principal aplicação buscada é o isolamento térmico, com um material de massa específica menor que 5 g/L.

No processo de agregação dos AG-CNT por síntese hidrotérmica a partir do GO e CNT oxidado, um desafio a ser superado é o colapso da estrutura durante a etapa de secagem, tendo em conta a alta tensão superficial da água. Neste contexto, algumas estratégias têm sido adotadas como a secagem por liofilização ou sob condições críticas de CO₂ [20]. A liofilização é um processo demorado e relativamente caro, mas industrialmente bem estabelecido. De modo similar, a secagem supercrítica consiste num processo bastante oneroso. Neste contexto, outro procedimento que poderia auxiliar na estabilização das camadas de do AG-CNT frente à tensão superficial seria o uso de surfactantes. Os surfactantes são moléculas de caráter anfifílico, cujas extremidades opostas consistem em um grupamento hidrofílico e outro hidrofóbico, sendo, portanto, solúveis tanto em solventes orgânicos como em água. Os surfactantes quando misturados à água são capazes de reduzir a sua tensão superficial, cujo mecanismo envolve a migração de parte das moléculas do surfactante para a superfície da água, criando uma camada de moléculas fracamente adsorvidas. Tal interação diminui as fortes forças coesivas intermoleculares de água, diminuindo, portanto, a tensão superficial. Uma alternativa é um método encontrado na literatura, de congelamento e descongelamento antes da formação completa do hidrogel. Basicamente faz-se a autoclavagem por período curto, em que as ligações entre as folhas de GO começam a se unir, mas interrompendo o processo e congelando a amostra. No congelamento, a expansão da água força uma maior união entre as folhas, que após o descongelamento mantêm a estrutura para finalizar a autoclavagem, resultando em um aerogel mais resistente mecanicamente, a ponto de ser seco sem liofilização e com mínima contração. Desse modo, o objetivo do presente projeto é o desenvolvimento de aerogel de rGO e CNT (os AG-CNT), com baixa densidade e alta área superficial através do protocolo de síntese hidrotérmico/solvotérmico com etapas intermediárias de congelamento e descongelamento.

4.3.2 - Objetivo Geral

Estabelecer um trabalho colaborativo entre o “Grupo Diamante e Materiais Correlacionados - DIMARE”, vinculado à Coordenação de Pesquisa Aplicada e Desenvolvimento Tecnológico (COPDT-MP / INPE) e o Grupo de Controle Térmico da Engenharia Espacial, para explorar o uso de AG-CNT como isolante térmico aplicável sem satélites e nano-satélites.

Objetivo Específico 1: Produzir grafeno oxidado (GO) a partir de grafite micrométrico (partículas de cerca de 20 µm).



Objetivo Específico 2: Sintetizar nanotubos de carbono (CNT) por eletrólise de CO₂ ou de CH₄ em sais fundentes.

Objetivo Específico 3: Desenvolver a oxidação dos CNT sintetizados.

Objetivo Específico 4: Produzir amostras de AG-CNT para desenvolvimento do processo, com objetivo de obter um compromisso de maior resistência mecânica e menor condutividade térmica. Também produzir amostras específicas para testes de absorção eletromagnética.

Objetivo Específico 5: Medir a condutividade térmica e difusividade dos AG-CNT.

Objetivo Específico 6: Medir a absorção eletromagnética dos materiais obtidos. O objetivo é de verificar sua viabilidade como material absorvedor de radiação eletromagnética,

Objetivo Específico 7: Conhecer os requisitos e processos de certificação de materiais aeroespaciais para gerenciamento térmico, em particular isolantes térmicos.

Objetivo Específico 8: Publicações de alto nível na área.

4.3.3 - Insumos

4.3.3.1 – Custeio

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

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

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

4.3.3.2 – Bolsas

Descrever a necessidade de agregação de especialistas, pesquisadores e técnicos, com

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Qtde
4.3.1	Profissional com 10 (dez) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a	Engenharia e Tecnologia Espacial –	3, 4, 5, 6, 7, 8	D-A	6	1



	obtenção do diploma de nível superior em Engenharia de Materiais ou áreas afins; ou com título de doutor há, no mínimo, 2 (dois) anos; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 6 (seis) anos	Ciência de Materiais e Sensores Ou Engenharia de Materiais				
--	--	---	--	--	--	--

4.3.4 - Atividades de Execução

			Metas
Atividades	O.E.	Indicadores	2024
1- Obter GO e CNT oxidados	1, 2, 3	Itens já em desenvolvimento e podem ser substituídos pela aquisição destes materiais no mercado	1.3 Início da obtenção de nanotubos por eletrólise de CO ₂
2- Produção de amostras de AG-CNT	4	Amostras de GA-CNT obtidas	2.2 Determinar parâmetros de síntese do AG-CNT
3- Medidas de difusividade e condutividade térmica	4, 5	Avaliação de sua capacidade de dissipação de calor e otimização da massa específica e da condutividade térmica	3.1 Através da medida de difusividade térmica e variações da síntese, iniciar otimização da massa específica e condutividade térmica
4- Medir a absorção eletromagnética do AG-CNT	4, 6	Resultados das medidas de absorção eletromagnética	4.1 Obter avaliação inicial das propriedades de absorção eletromagnética do material
5- Pesquisar os requisitos para o uso espacial	6	Obter os requisitos para o uso espacial	5.1 Início de pesquisa para obtenção de amostras de uso espacial
6- Disseminação do conhecimento	7	publicação de trabalhos e participação de conferências	6.1 Preparação dos dados para publicação



4.3.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre	
	2024	
	1	2
Atividade 1.1		
Atividade 1.2		
Atividade 1.3		
Atividade 2.1		
Atividade 2.2		
Atividade 3.1		
Atividade 4.1		
Atividade 5.1		
Atividade 6.1		

4.3.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	METAS
			2024
Síntese de aerogel de grafeno e nanotubos de carbono	4	Diferentes parâmetros de processo	Produzir aerogel AG-CNT
Material para isolamento térmico	4, 5	Diferentes aplicações	Otimização
Material para absorção eletromagnética	4, 6	% de absorção de radiação	Avaliação inicial
Número de trabalhos publicados e/ou participação em conferências	7		Preparação de dados

4.3.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	METAS
			2024
Capacitação na produção de AG-CNT	4	Determinar melhor aerogel obtido de acordo com especificações de aplicações na área aeroespacial	x
Melhoria da Infraestrutura de Caracterização de materiais		Gestão dos equipamentos de caracterização	Projeto de manutenção preventiva em andamento



Aumento dos recursos de pesquisa através dos projetos aprovados nas agências de fomento		Total de recursos aprovados (em milhares de reais)	Continuidade de projeto temático FAPESP
---	--	--	---

4.3.8 - 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	6	1	31.200,00
	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\$)					31.200,00



4.3.9-Equipe do Projeto

Evaldo José Corat

4.3.10-Referências Bibliográficas

- [1] K.E. Whitener, P.E. Sheehan, Graphene synthesis, *Diamond and Related Materials*. 46 (2014) 25–34. <https://doi.org/10.1016/j.diamond.2014.04.006>.
- [2] Y. Xu, K. Sheng, C. Li, G. Shi, Self-assembled graphene hydrogel via a one-step hydrothermal process, *ACS Nano*. 4 (2010) 4324–4330. <https://doi.org/10.1021/nn101187z>.
- [3] A.R. Siamaki, A.E.R.S. Khder, V. Abdelsayed, M.S. El-Shall, B.F. Gupton, Microwave-assisted synthesis of palladium nanoparticles supported on graphene: A highly active and recyclable catalyst for carbon–carbon cross-coupling reactions, *Journal of Catalysis*. 279 (2011) 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.jcat.2010.12.003>.
- [4] H.-P. Cong, X.-C. Ren, P. Wang, S.-H. Yu, Macroscopic Multifunctional Graphene-Based Hydrogels and Aerogels by a Metal Ion Induced Self-Assembly Process, *ACS Nano*. 6 (2012) 2693–2703. <https://doi.org/10.1021/nn300082k>.
- [5] C. Wu, X. Huang, X. Wu, R. Qian, P. Jiang, Mechanically Flexible and Multifunctional Polymer-Based Graphene Foams for Elastic Conductors and Oil-Water Separators, *Advanced Materials*. 25 (2013) 5658–5662. <https://doi.org/10.1002/adma.201302406>.
- [6] H. Chen, M.B. Müller, K.J. Gilmore, G.G. Wallace, D. Li, Mechanically Strong, Electrically Conductive, and Biocompatible Graphene Paper, *Advanced Materials*. 20 (2008) 3557–3561. <https://doi.org/10.1002/adma.200800757>.
- [7] W. Chen, S. Li, C. Chen, L. Yan, Self-Assembly and Embedding of Nanoparticles by In Situ Reduced Graphene for Preparation of a 3D Graphene/Nanoparticle Aerogel, *Advanced Materials*. 23 (2011) 5679–5683. <https://doi.org/10.1002/adma.201102838>.
- [8] Y. Xu, W. Hong, H. Bai, C. Li, G. Shi, Strong and ductile poly(vinyl alcohol)/graphene oxide composite films with a layered structure, *Carbon*. 47 (2009) 3538–3543. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2009.08.022>.
- [9] Y. Qian, I.M. Ismail, A. Stein, Ultralight, high-surface-area, multifunctional graphene-based aerogels from self-assembly of graphene oxide and resol, *Carbon*. 68 (2014) 221–231. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2013.10.082>.
- [10] J. Liang, Y. Wang, Y. Huang, Y. Ma, Z. Liu, J. Cai, C. Zhang, H. Gao, Y. Chen, Electromagnetic interference shielding of graphene/epoxy composites, *Carbon*. 47 (2009) 922–925. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2008.12.038>.
- [11] I. Zaman, H.-C. Kuan, J. Dai, N. Kawashima, A. Michelmore, A. Sovi, S. Dong, L. Luong, J. Ma, From carbon nanotubes and silicate layers to graphene platelets for polymer nanocomposites, *Nanoscale*. 4 (2012) 4578–4586. <https://doi.org/10.1039/C2NR30837A>.
- [12] S.G. Miller, J.L. Bauer, M.J. Maryanski, P.J. Heimann, J.P. Barlow, J.-M. Gosau, R.E. Allred, Characterization of epoxy functionalized graphite nanoparticles and the physical properties of epoxy matrix nanocomposites, *Composites Science and Technology*. 70 (2010) 1120–1125. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2010.02.023>.
- [13] Z. Qin, G.S. Jung, M.J. Kang, M.J. Buehler, The mechanics and design of a lightweight three-dimensional graphene assembly, *Science Advances*. 3 (n.d.) e1601536. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1601536>.



- [14] G. Gorgolis, D. Karamanis, Solar energy materials for glazing technologies, *Solar Energy Materials and Solar Cells*. 144 (2016) 559–578. <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2015.09.040>.
- [15] A.C. Pierre, G.M. Pajonk, Chemistry of Aerogels and Their Applications, *Chem. Rev.* 102 (2002) 4243–4266. <https://doi.org/10.1021/cr0101306>.
- [16] N. Yoshizawa, H. Hatori, Y. Soneda, Y. Hanzawa, K. Kaneko, M.S. Dresselhaus, Structure and electrochemical properties of carbon aerogels polymerized in the presence of Cu²⁺, *Journal of Non-Crystalline Solids*. 330 (2003) 99–105. <https://doi.org/10.1016/j.jnoncrysol.2003.08.041>.
- [17] F. Meng, X. Zhang, B. Xu, S. Yue, H. Guo, Y. Luo, Alkali-treated graphene oxide as a solid base catalyst: synthesis and electrochemical capacitance of graphene/carbon composite aerogels, *J. Mater. Chem.* 21 (2011) 18537–18539. <https://doi.org/10.1039/C1JM13960F>.
- [18] Z.-S. Wu, A. Winter, L. Chen, Y. Sun, A. Turchanin, X. Feng, K. Müllen, Three-Dimensional Nitrogen and Boron Co-doped Graphene for High-Performance All-Solid-State Supercapacitors, *Advanced Materials*. 24 (2012) 5130–5135. <https://doi.org/10.1002/adma.201201948>.
- [19] X. Zhang, Z. Sui, B. Xu, S. Yue, Y. Luo, W. Zhan, B. Liu, Mechanically strong and highly conductive graphene aerogel and its use as electrodes for electrochemical power sources, *J. Mater. Chem.* 21 (2011) 6494–6497. <https://doi.org/10.1039/C1JM10239G>.
- [20] N. Job, A. Théry, R. Pirard, J. Marien, L. Kocon, J.-N. Rouzaud, F. Béguin, J.-P. Pirard, Carbon aerogels, cryogels and xerogels: Influence of the drying method on the textural properties of porous carbon materials, *Carbon*. 43 (2005) 2481–2494. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2005.04.031>.



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

Subprojeto 4.4: Estudo da transferência de calor em um pireliômetro por substituição elétrica

4.4.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 4 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1 e está em linha com o TAP do INPE, Processo SEI: 01340.005858/2021-13.

O estudo da radiação solar, tanto no âmbito terrestre quanto fora da atmosfera, é de fundamental importância dentro do contexto das mudanças climáticas globais e suas aplicações vão desde a compreensão do clima do planeta até a otimização de sistemas de energia. Os dados obtidos por satélites e os modelos computacionais não substituem as medições realizadas in situ no caso de instalações fotovoltaicas. Este projeto visa o desenvolvimento de um pireliômetro por substituição elétrica para medir a irradiância solar utilizando um sensor térmico do tipo cavidade desenvolvido no Instituto. O princípio de funcionamento desse tipo de radiômetro consiste em comparar o aquecimento gerado pela radiação incidente em uma superfície absorvedora (sensor) com a mesma quantidade de aquecimento gerado por efeito Joule em uma resistência elétrica acoplada ao mesmo sensor. O elemento sensor é conectado a um dissipador de calor por meio de uma pequena junção de baixa condutância térmica. A condutância térmica da junção deve ser alta o suficiente para não reduzir a sensibilidade do instrumento, mas deve permitir que o calor flua para o dissipador sem prejudicar o tempo de resposta do radiômetro. O sensor é mantido a uma temperatura fixa e durante o período de exposição a potência elétrica é reduzida na mesma proporção da potência absorvida para manter a temperatura do sensor constante. A diferença da potência elétrica antes e depois da exposição é igual à potência incidente no sensor.

O presente trabalho consiste em estudar a transferência de calor entre o sensor e o dissipador quando gerado por corrente elétrica ou pela radiação incidente. O conhecimento do comportamento térmico do radiômetro é de extrema importância uma vez que isto está diretamente relacionado com a sensibilidade e ciclo de operação do equipamento. Este estudo deverá contribuir para definir a janela de operação do equipamento, estimar incertezas, e direcionar futuras melhorias do radiômetro.

4.4.2 - 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).

Objetivos específicos:

1 - Desenvolvimento de sistemas de caracterização de dispositivos fotovoltaicos para uso espacial e terrestre.

1.1 - Desenvolvimento de um radiômetro térmico por substituição elétrica.

1.1.1 – Estudo do comportamento térmico do radiômetro.

4.4.3 – Insumos

4.4.3.1 – 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	Qtde
4.4.1	Profissional com diploma de nível superior em Física, Engenharias (Mecânica, Civil ou Elétrica) ou áreas afins e com experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação	Desejável que o candidato tenha conhecimento em programas de desenho (Ex.: Autocad e Freecad) e conhecimento em térmica	1	D-D	6	1

4.4.4 - Atividades de Execução

A atividades que levarão ao cumprimento do subprojeto associado ao objetivo específico 1 são:

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas (Bimestres)		
			1º	2º	3º
1) Revisão do modelo térmico existente.	1.1.1	% execução	100		
2) Atualização do modelo térmico (propriedades mecânicas e ópticas dos componentes).	1.1.1	% execução	50	50	
3) Simulação por aquecimento elétrico.	1.1.1	% execução		100	
4) Simulação por aquecimento por radiação.	1.1.1	% execução		100	
5) Estudo da equivalência entre aquecimento elétrico e por radiação	1.1.1	% execução		50	50
6) Validação do modelo térmico comparando os resultados de simulação com os obtidos com o protótipo	1.1.1	% execução			100
7) Elaboração de relatório final	1.1.1	% execução			100

4.4.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Bimestres		
	1	2	3
1) Revisão do modelo atual	xx		
2) Atualização do modelo	x	x	
3) Simulação por aquecimento elétrico e por radiação		xx	
4) Estudo da equivalência térmica		x	x
5) Validação do modelo			x



6) Relatório final			x
--------------------	--	--	---

4.4.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Bimestres		
			1	2	3
Atualização do modelo térmico e simulações	1.1.1	Relatório 1		Relatório detalhando o projeto térmico e os resultados das simulações	
Estudo da equivalência	1.1.1	Relatório 2			Relatório descrevendo e resultados
Comparação dos resultados simulados com os experimentais	1.1.1	Relatório 3			Relatório descrevendo os resultados
Relatório final	1.1.1	Relatório 4			Relatório de conclusão

4.4.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas (Bimestres)		
			1	2	3
Modelo térmico atualizado do radiômetro	1.1.1	Modelo para estudo de radiômetros térmicos			Modelo entregue e validado

4.4.8 - Recursos Solicitados

Custos: não existe previsão de custeio para este projeto.

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	D	2.860,00	6	1	17.160,00
Total (R\$)					17.160,00

4.4.9-Equipe do Projeto

Luiz Angelo Berni
 Waldeir Amaral Vilela
 Ricardo Toshiyuki Irita

4.4.10-Referências Bibliográficas

S.K. Solanki, N.A. Krivova e J.D. Haigh, *Annual Review of Astronomy and Astrophysics* 51, 311 (2013).



J.M. Rodríguez Gómez, F. Carlesso, L.E. Vieira e L. Silva, *Revista brasileira de ensino física*, 40, e3312 (2018).

K.L. Yeo, W.T. Ball, N.A. Krivova, S.K. Solanki, Y.C. Unruh e J. Morrill, *Journal of Geophysical Research (Space Physics)* 120, 6055 (2015).

L.E.A. Vieira, S.K. Solanki, N.A. Krivova e I. Usoski, *Astronomy & Astrophysics* 531, A6 (2011).

F. Carlesso, Desenvolvimento de elemento sensor para medida da irradiância solar total. Tese de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos (2018).

Franciele Carlesso, Jenny Marcela Rodríguez Gómez, Luis Eduardo Antunes Vieira, Graziela da Silva Savonov, Luiz Angelo Berni, Lucas Lopes Costa, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 41, n° 2, e20180220 (2019).

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

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



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

Subprojeto 4.5: Melhorias do sistema de controle do radiômetro térmico em desenvolvimento no GDF

4.5.1 – 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/COPDT/INPE) está em desenvolvimento um radiômetro solar de substituição elétrica (Electrical Substitution Radiometer -ESR)) para medir a Irradiância Solar Total (Total Solar Irradiance – TSI). Esse tipo de radiômetro consiste em um elemento absorvedor de radiação (elemento sensor) ligado a um dissipador de calor através de um link de baixa condutividade. O elemento sensor é mantido a uma temperatura constante através de um sistema de aquecimento elétrico com controle da potência. Atualmente esse sistema de controle é baseado no uso do microcontrolador Atmega 328P que possui algumas limitações, tais como a baixa velocidade e baixa capacidade de memória. O objetivo desse projeto é melhorar o sistema de controle e o processamento de dados através do uso de um novo modelo de microcontrolador, de melhor capacidade. Neste contexto o bolsista de nível D-C executará o subprojeto intitulado “**Melhorias do sistema de controle do radiômetro térmico em desenvolvimento no GDF**”. Nessa proposta de trabalho, o bolsista será responsável pela elaboração, montagem e testes dos circuitos de medição e controle do novo sistema do radiômetro em desenvolvimento.

4.5.2 - 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 - Otimização do sistema de controle do radiômetro térmico em desenvolvimento.

4.5.3 – Insumos

4.5.3.1 – 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	Qtde
4.5.1	Profissional com diploma de nível superior em Engenharia da Computação, Engenharia Eletrônica ou áreas afins e com experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação	Profissional com prática em elaboração de Placas de Circuitos Impressos, circuitos digitais, microcontroladores, circuitos de aquisição de sinais (tratamento e manipulação de dados experimentais). Desejável experiência com simulador de circuitos elétricos e programação em C.	1,1.1, 1.1.1	D-D	6	1

4.5.4 - Atividades de Execução

A atividades que levarão ao cumprimento do subprojeto associado ao objetivo específico 1 são:

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas bimestrais 2024		
			1	2	3
Levantamento dos parâmetros básicos de entrada e saídas do protótipo radiômetro	1,1.1, 1.1.1	% execução	100		
Apresentação da Proposta de testes a ser implementado	1,1.1, 1.1.1	% execução	100		
Montagem e testes no Programa simulador de circuitos elétricos com novo microcontrolador	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		100	
Montagem e testes dos circuitos elétricos na Placa de Circuito Impresso.	1,1.1, 1.1.1	% execução		50	50



Apresentação completa do teste em bancada	1,1.1, 1.1.1	% execução		40	60
Elaboração relatório (manual) do teste apresentado ate o momento	1,1.1, 1.1.1	% execução			100

4.5.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Bimestre de 2024		
	1	2	3
Levantamento dos parâmetros básicos de entrada e saídas do protótipo radiômetro	X		
Apresentação da Proposta de testes a ser implementado com novo microcontrolador	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	
Montagem e testes dos circuitos elétricos na Placa de Circuito Impresso.			X
Apresentação completa do teste em bancada			X
Elaboração relatório (manual) do teste apresentado ate o momento			X

4.5.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas bimestrais 2024		
			1	2	3
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			Apresentados
Apresentação do teste em bancada	1,1.1, 1.1.1	Montagem e procedimentos			Realizados e apresentados
Relatório (manual) do teste apresentado ate o momento	1,1.1, 1.1.1	Confecção			Confeccionado e entregue



4.5.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas bimestrais 2024		
			1	2	3
Aferição de valores de irradiância e incertezas	1.1.1, 1.1.1	Valores medidos e comparados a padrões internacionais.			Apresentados e analisados

4.5.8 - Recursos Solicitados

Custos: não existe previsão de custeio para este projeto.

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	D	2.860,00	6	1	17.160,00
Total (R\$)					17.160,00

4.5.9-Equipe do Projeto

Luiz Angelo Berni

Waldeir Amaral Vilela

Ricardo Toshiyuki Irita

4.5.10-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 4.6: Caracterização de filmes finos formados em substratos de materiais de uso espacial por pulverização catódica através de técnicas de topologia de superfície, nanoindentação e espectroscopia de massa de íons secundários (SIMS)

4.6.1 – 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 à 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 projeto 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 correlatas e quanto ao domínio de técnicas, processos e desenvolvimento de tecnologias críticas voltadas ao setor espacial e áreas correlatas.

Para atender parte desses objetivos, o Laboratório de Plasma do INPE está implementando um novo sistema de deposição de filmes finos por meio de pulverização catódica, com enfoque na técnica de magnetron sputtering por RF e HiPIMS (High-power impulse magnetron sputtering) para aplicações principalmente em materiais de uso espacial. Os filmes formados no corrente ano e nos próximos deverão ser analisados por meio de diversas técnicas de caracterização, algumas disponíveis no INPE e outras em Instituições e Universidades de fora. O presente projeto pretende promover a capacitação do INPE e dos recursos humanos envolvidos no projeto quanto à realização de caracterização de filmes finos, com ou sem implantação iônica, utilizando técnicas de topologia de superfície tais como perfilometria mecânica e ótica, microscopia atômica de superfície e nanoindentação instrumentada. Outro escopo do projeto refere-se ao aprendizado e domínio da técnica de espectroscopia de massa de íons secundários (SIMS), através de parceria com o IEAv (Instituto de Estudos Avançados) do Ministério de Defesa cujos canais de contato já estão estabelecidos.

Para dar clareza aos processos e técnicas envolvidos neste projeto, faz-se a seguir uma breve descrição dos mesmos.

A Pulverização Catódica e a Técnica de Magnetron Sputtering

A pulverização catódica é uma técnica que tem sido utilizada há várias décadas para a formação de uma grande variedade de filmes finos em diversos tipos de substratos. Na pulverização catódica, técnica amplamente conhecida como sputtering, íons de um gás ionizado incidem em um alvo e fisicamente removem átomos do alvo os quais, balisticamente fluem e se depositam no substrato. Os íons que são mais utilizados nesse tipo de deposição são os íons de Argônio.

Há diversas maneiras de estimular a taxa de sputtering dos alvos. Uma das mais conhecidas envolve o uso de magnetrons.

A técnica de magnetron sputtering tem sido utilizada no Laboratório de Plasma do INPE há alguns anos, entretanto com uma cabeça de *magnetron* de pequeno diâmetro. No momento está em fase de execução o projeto de instalação e operação de um novo sistema de *magnetron sputtering* com uma cabeça circular de quatro polegadas acoplada a uma fonte de rádio frequência na câmara de vácuo do sistema de tratamento a plasma



denominado 3IP-CE, que já foi utilizado para o tratamento de componentes espaciais destinados aos satélites do programa CBERS 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]. O INPE adquiriu há alguns anos um pulsador adequado para o tratamento *HiPIMS*.

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.

Técnicas de Caracterização de Filmes Finos e Superfícies Modificadas

A adequada caracterização de amostras tratadas por processos de modificação de propriedades de superfície e formação de filmes finos na superfície é fundamental para a verificação dos resultados dos tratamentos em relação aos objetivos estabelecidos e também para entendimento dos processos físicos e químicos envolvidos nas modificações de propriedades e/ou na formação dos filmes finos. Além das técnicas conhecidas e atualmente adotadas no INPE, quais sejam, microscopia eletrônica de varredura (MEV/FEG), difração de raios X (DRX), espectroscopia Raman e Espectroscopia de fotoelétrons excitados por raios X (XPS), pretende-se com este projeto incrementar quatro novas técnicas para a caracterização de amostras tratadas por *magnetron sputtering*:

- a. Perfilometria mecânica
- b. Perfilometria ótica
- c. Microscopia de Força Atômica (AFM)
- d. Nanoindentação instrumentada
- e. Espectroscopia de massa de íons secundários (SIMS).

Perfilometria Mecânica



Na perfilometria mecânica utiliza-se um perfilômetro de contato que, através do contato mecânico de uma diminuta ponta de diamante com a superfície do material permite medir o perfil da superfície de modo a se poder quantificar sua rugosidade.

Perfilometria Ótica

Na perfilometria ótica utiliza-se um perfilômetro ótico que não tem contato mecânico com a superfície da amostra. A perfilometria ótica pode ser feita por meio de diferentes técnicas, tais como triangulação à laser, microscopia confocal, interferometria de varredura de coerência e holografia digital. Os perfilômetros óticos conseguem fazer varreduras mais rapidamente, com maior confiabilidade e com melhor resolução lateral (menor spot-size)

Microscopia de Força Atômica (AFM)

Um AFM é um instrumento de imageamento mecânico que mede a topografia tridimensional bem como propriedades físicas de uma superfície por meio de uma ponta (tip), com diâmetro menor que 50 nm, posicionada muito próxima da superfície de modo a poder interagir com os campos de força presentes na superfície. Uma vez na posição de interação elétrica com a superfície, a ponta corre através da superfície, de modo que a força na ponta seja constante. Uma imagem da superfície é, então, reconstruída por meio da monitoração precisa do movimento da ponta à medida que ela varre a superfície horizontal e verticalmente (raster-like pattern), escaneando uma área, em geral, menor que 100 μm^2 . A magnificação das imagens obtidas por AFM podem chegar a 100.000.000 nos eixos x e y. A técnica AFM possibilita a obtenção de imagens horizontais que vão desde aquelas obtidas pela microscopia ótica até aquelas obtidas por microscopia eletrônica de transmissão (TEM). E a técnica pode ser também comparada aos perfilômetros mecânicos em medidas no eixo vertical.

Nanoindentação instrumentada

A medida de dureza e módulo de elasticidade por meio da técnica de nanoindentação instrumentada tem sido cada vez mais adotada para a caracterização do comportamento mecânico de materiais em pequenas escalas. A atratividade da técnica reside na possibilidade de se determinar diretamente propriedades mecânicas do material através das medidas da carga de indentação e de deslocamento do indentedor, sem a necessidade de ver a imagem da impressão da indentação. Com equipamentos de teste de alta resolução, isso facilita a medida de propriedades em escalas micrométricas e nanométricas. Por essa razão, esse método tem se tornado uma técnica básica para a determinação de propriedades mecânicas de filmes finos e características estruturais pequenas. Filmes com dimensões características da ordem de 1 μm são assim rotineiramente medidos e, com uma boa técnica, o método pode ser usado para caracterizar, ao menos de modo comparativo, as propriedades de filmes tão finos quanto alguns nanômetros.

Espectroscopia de massa de íons secundários (SIMS).



Esta técnica é utilizada para analisar a composição de superfícies sólidas e de filmes finos por meio da realização de um sputtering na superfície da amostra. Esse sputtering é obtido com o uso de um feixe de íons primário que é focalizado sobre a amostra permitindo a remoção de íons da superfície dessa amostra. Os íons que são ejetados da amostra, chamados de íons secundários são analisados por um espectrômetro de massa que determina a razão carga/massa dos mesmos permitindo assim determinar a composição elemental, isotópica ou molecular da superfície da amostra.

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.

4.6.2 - 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 promover a capacitação de recursos científicos, técnicos e humanos para a caracterização de filmes finos formados em substratos de materiais de uso espacial modificados por meio da pulverização catódica. As técnicas de caracterização englobadas neste projeto são a perfilometria mecânica e ótica, a microscopia atômica de superfície, a nanoindentação instrumentada e a espectroscopia de massa de íons secundários (SIMS).

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: Caracterização de filmes formados por meio de magnetron sputtering através da técnica de perfilometria mecânica.

Objetivo Específico 2: Caracterização de filmes formados por meio de magnetron sputtering através da técnica de perfilometria ótica.

Objetivo Específico 3: Caracterização de filmes formados por meio de magnetron sputtering através da técnica de microscopia de força atômica.

Objetivo Específico 4: Caracterização de filmes formados por meio de magnetron sputtering através da técnica de nanoindentação instrumentada.

Objetivo Específico 5: Caracterização de filmes formados por meio de magnetron sputtering através da técnica de espectroscopia de massa de íons secundários.



4.6.3 - Insumos

4.6.3.1 – Custeio

Este subprojeto não prevê despesas com custeio.

4.6.3.2 – 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	Qtde
4.6.1	Profissional com diploma de nível superior em Física, Engenharia Mecânica/Elétrica/Eletrônica/Química, de Materiais ou áreas afins e com experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação	Desejável conhecimento de técnicas de caracterização mecânica de materiais	1	D-D	06	1

4.6.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas					
			Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	Mês 6
Seleção dos substratos (amostras)	1 a 5	Substratos escolhidos	X					
Tratamento das amostras por MS(*)	1 a 5	Amostras tratadas por MS	X					
Caracterização da amostra por perfilometria mecânica.	1	Amostras caracterizadas por perfilometria mecânica.		X				
Caracterização da amostra por perfilometria ótica.	2	Amostras caracterizadas por perfilometria ótica.			X			
Caracterização da amostra por microscopia de força atômica	3	Amostras caracterizadas por microscopia de força atômica				X		
Caracterização da amostra por nanoindentação	4	Amostras caracterizadas por nanoindentação					X	



		o						
Caracterização da amostra por espectroscopia de massa de íons secundários	5	Amostras caracterizadas por espectroscopia de massa de íons secundários						X

(*) Magnetron Sputtering

4.6.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Metas					
	Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	Mês 6
Seleção dos substratos (amostras)	X					
Tratamento das amostras por MS	X					
Caracterização da amostra por perfilometria mecânica.		X				
Caracterização da amostra por perfilometria ótica.			X			
Caracterização da amostra por microscopia de força atômica				X		
Caracterização da amostra por nanoindentação					X	
Caracterização da amostra por espectroscopia de massa de íons secundários						X

4.6.6 – Produtos

Produto	Objetivo Específico	Indicadores	Metas					
			Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	Mês 6
Tratamento das amostras por MS	1 a 5	Amostras tratadas por MS	X					
Caracterização da amostra por perfilometria mecânica.	1	Amostras caracterizadas por perfilometria mecânica.		X				
Caracterização da amostra por perfilometria ótica.	2	Amostras caracterizadas por perfilometria ótica.			X			
Caracterização da amostra por microscopia de força atômica	3	Amostras caracterizadas por microscopia de força atômica				X		
Caracterização	4	Amostras					X	



da amostra por nanoindentação		caracterizadas por nanoindentação						
Caracterização da amostra por espectroscopia de massa de íons secundários	5	Amostras caracterizadas por espectroscopia de massa de íons secundários						X

4.6.7 – Resultados Esperados

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas					
			Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	Mês 6
Capacitação da equipe do projeto em caracterização de substratos tratados por MS utilizando perfilometria mecânica	1	Análise dos resultados de perfilometria mecânica e confecção do procedimento de caracterização		X				
Capacitação da equipe do projeto em caracterização de substratos tratados por MS utilizando perfilometria ótica	2	Análise dos resultados de perfilometria ótica e confecção do procedimento de caracterização			X			
Capacitação da equipe do projeto em caracterização de substratos tratados por MS utilizando microscopia de força atômica (AFM)	3	Análise dos resultados de AFM e confecção do procedimento de caracterização				X		
Capacitação da equipe do projeto em caracterização de substratos tratados por MS utilizando nanoindentação	4	Análise dos resultados de nanoindentação e confecção do procedimento de caracterização					X	
Capacitação da	5	Análise dos						X



equipe do projeto em caracterização de substratos tratados por MS utilizando espectroscopia de massa de íons secundários (SIMS)		resultados de SIMS e confecção do procedimento de caracterização						
---	--	--	--	--	--	--	--	--

4.6.8 - 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\$)	0,00

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00			
	C	3.380,00			
	D	2.860,00	6	1	17.160,00
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					17.160,00

4.6.9 - Equipe do Projeto

Além do bolsista, participam do projeto:

André Ricardo Marcondes – SIAPE 1488926
 Rogério de Moraes Oliveira – SIAPE 664508



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

Matheus Moraes Novaes Ferreira Silva – Bolsista PCI (Número do Processo Institucional: 400077/2022-1 / Número do processo individual: 317437/2023-2)

4.6.10-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 1: PROJETO DE DESENVOLVIMENTO E DE PESQUISA DOS LABORATÓRIOS ASSOCIADOS

Subprojeto 4.7: 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.

4.7.1 – 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.

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 9001, 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 9001, 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 Projeto 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 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 completo da situação atual dos Bancos de Testes considerando os requisitos das normas ISO 9001, ISO 45001, ISO 31000, ISO/IEC 31010 e ISO/IEC 17025.

Objetivo Específico 2: Elaboração completa 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.

4.7.3 - Insumos

4.7.3.1 – Custeio

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



a) apoiar a participação de integrantes da equipe do projeto em estágios, cursos ou visitas no País, para aquisição de conhecimentos específicos e necessários ao desenvolvimento do projeto;

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

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

4.7.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Qtde
4.7.1	Profissional com 7 (sete) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior em Engenharia Química, Engenharia Mecânica, Engenharia de Produção, Engenharia Elétrica ou áreas afins; 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 do Trabalho e Sistema de Gestão da Segurança do Trabalho	1	D-B	6	*1

4.7.4 - 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 9001, ISO 45001, ISO 31000, ISO/IEC 31010 e ISO/IEC 17025.	1	Relatório técnico.		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
Atividade 3 – Apoio nos testes e demais atividades dos Bancos de Testes	3	Relatório das operações.		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
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

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							
Atividade 2						X							
Atividade 3						X							
Atividade 4						X							
Atividade 5						X							
Atividade 6						X							

4.7.6 – 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
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
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
--	----------------	--------------------------	--	---

4.7.7 – 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, milestones</i> e ferramentas de diagnóstico, tais como checklists e formulários de auditoria interna.		x
Propulsores de 1N qualificados atendendo padrões internacionais de Qualidade e Segurança	1, 2, 3, 4, 5	Relatório das operações.		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	6	*1	24.960,00
	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\$)	24.960,00
-------------	-----------

4.7.9-Equipe do Projeto

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

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.

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

Subprojeto 4.8: Estudo sobre a estimativa e previsão de chuva via satélite meteorológico em cooperação com a NOAA e JAXA

4.8.1 – Introdução

O papel da água é fundamental para os ciclos de água e energia da Terra e essencial para a vida em nosso planeta. A disponibilidade de água doce é amplamente determinada pela precipitação na forma de chuva ou neve, governando os recursos hídricos e o ambiente ao nosso redor. A variabilidade da precipitação em todas as escalas, desde tempestades de curta duração até variações em escala climática e de escalas locais a globais, afeta não apenas nossas vidas, mas também a natureza física do clima em que dependemos. As questões associadas a esses desafios incluem como a disponibilidade de água doce irá mudar, como a frequência e intensidade dos extremos de precipitação (secas e tempestades) irão mudar e quais são os feedbacks de convecção e nuvens. Fundamental para responder a essas perguntas é a melhoria da medição da precipitação, chuva e neve em todas as escalas, juntamente com o aprimoramento de nossa compreensão da microfísica da precipitação que sustenta a formação da precipitação [1].

O Global Precipitation Measurement (GPM), uma missão conjunta dos Estados Unidos e do Japão lançada em 2014, amplia e aprimora o legado da Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM). O GPM-CO (Core Observatory) carrega instrumentos de micro-ondas passivos e ativos de alta qualidade projetados para observar a estrutura e intensidade da chuva e da neve. Ao combinar as observações da constelação GPM, auxiliadas por observações infravermelhas (IR) de satélites geoestacionários, o Global Satellite Mapping of Precipitation (GSMaP, Mapeamento Global de Satélites da Precipitação) é um produto de precipitação combinado PMW-IR e foi desenvolvido no Japão para a missão GPM [2] como o produto padrão japonês do GPM. Além do Self-Calibrating Multivariate Precipitation Retrieval (SCaMPR/NOAA) [3], que altíssima resolução espacial e temporal, são exemplos de produtos que podem ser avaliados para melhor entender as estimativas de chuva e seu uso em nowcasting.

Em escala global, a ameaça de inundações está aumentando devido ao impacto das mudanças climáticas na precipitação intensa. Além disso, vários setores socioeconômicos são afetados por perigos induzidos pelas mudanças climáticas, como chuvas extremas, que amplificam tanto a intensidade quanto a probabilidade de inundações. Estudos recentes [4] mostram como produtos baseados em satélites podem ajudar a superar esse problema. O monitoramento do deslocamento e da evolução de curto prazo dos sistemas precipitantes, bem como a extração de informações de suas estruturas, permite investigar os processos de formação desses fenômenos e, por sua vez, colaborar com estudos e ferramentas de previsão para descrever o ciclo de vida desses sistemas. De acordo com [5], o deslocamento de alguns sistemas precipitantes é lento e pode gerar grandes volumes de precipitação, além da presença de ventos fortes, que em alguns casos podem estar associados a raios e granizo. Em outras palavras, com base nos parâmetros característicos da morfologia dos sistemas convectivos, é possível alimentar modelos de previsão que utilizam essas informações para determinar o deslocamento e a duração dos sistemas precipitantes.



Nesse caso específico, a previsão de muito curto prazo (ou nowcasting) tem uma escala de tempo que descreve a evolução do tempo agora ou com um prazo de algumas horas, no entanto, previsões convencionais baseadas em modelos cujas representações dos processos físicos são limitadas (ou seja, física de nuvens e turbulência). Embora, nessas escalas de tempo, as leis de conservação possam ser ignoradas (pois os erros não se acumulam significativamente em algumas horas), essa hipótese sustenta o uso de técnicas de Aprendizado de Máquina (Machine Learning em inglês, ML) nessas situações. Logo, técnicas tradicionais de extrapolação podem ser facilmente aplicadas. Contudo, é preciso conhecer suas limitações, especialmente pelo fato que o nowcasting é regionalizado. Diferentes locais do mundo podem apresentar características similares e será isso que iremos investigar, trazendo soluções que possam ajudar na previsão de regiões menos providas de informação (e.g. América do Sul) com regiões conhecidas por sua eficácia no monitoramento e previsão de chuva (e.g. EUA e Japão).

Este projeto faz parte de uma colaboração de pesquisa entre o INPE, a Agência Japonesa de Exploração Aeroespacial (JAXA) e a Administração Nacional Oceânica e Atmosférica dos Estados Unidos das Américas (NOAA) para a previsão de chuva a partir de dados de satélite.

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 01340.006049/2022-00 e 01340.006937/2023-03.

4.8.2 - Objetivo Geral

Este subprojeto objetiva desenvolver e implementar computacionalmente métodos para estimar, validar e prever sistemas associados a precipitação medida a partir de sensores remotos. Em conformidade com o objetivo específico 1.6 (EO1.6) que pretende desenvolver e implementar computacionalmente métodos para analisar e modelar sistemas não lineares e complexos relacionados às áreas de atuação do INPE. Além disso, este subprojeto se alinha ao M-14.3 do plano diretor atual que diz “Prover e aprimorar previsão numérica de tempo e de clima sazonal, e projeções de mudanças climáticas por meio de modelagem do sistema terrestre, bem como produtos meteorológicos derivados de satélites e de radares, aos órgãos setoriais de Meteorologia, aos órgãos governamentais, a instituições e organizações públicas e privadas, e à sociedade em geral.”, onde este projeto foca na questão associada a produtos derivados de satélite para a previsão do tempo.

A seguir são listados os objetivos referentes a 6 meses de atividades:

Objetivo Específico 1:

Validar os dados dos modelos de estimativa de precipitação GSMaP (JAXA) e SCaMPR (NOAA) para a América do Sul. Trazendo assim informações relevantes sobre as incertezas dessas estimativas.

Objetivo Específico 2:

Assimilar os dados desses estimadores e implementar os módulos de previsão no Forecasting and Tracking the Evolution of Configurable Clusters (ForTraCC), uma versão atualizada do algoritmo de rastreamento desenvolvido pelo INPE. Possibilitando entender os fatores que afetam a destreza da previsão na América do Sul.

4.8.3 - Insumos

4.8.3.1 – Custeio



Não existe previsão de custeio para este projeto.

4.8.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/ nível	Meses	Qtde
4.8.1	Profissional com 7 (sete) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior em Matemática, Física, Meteorologia, Ciência/Engenharia da Computação ou áreas afins; ou com título de doutor; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 4 (quatro) anos	Computação aplicada e sensoriamento remoto da atmosfera	1	D-B	6	1

4.8.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
1. Criação de um banco de dados georreferenciado de estimativa de chuva	1	Banco de dados local	X
2. Validação da performance dos modelos de estimativa de chuva no Brasil utilizando dados de superfície	1	Relatório da destreza das estimativas	X
3. Implementar os módulos de previsões no ForTraCC.	2	Algoritmo de previsão em ambiente local	X
4. Assimilar os dados de estimativa de chuva no ForTraCC	2	Banco de dados dos sistemas precipitantes rastreados e suas previsões	X
5. Realizar a intercomparação entre as previsões e definir fatores que impactam na destreza do modelo.	2	Relatório científico sobre a performance do modelo.	X

4.8.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre
	2
Atividade 1	X
Atividade 2	X
Atividade 3	X
Atividade 4	X
Atividade 5	X

4.8.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2023
Banco de dados das estimativas de chuva do SCaMPR e GSMaP	1	Banco de dados local	X
Relatório sobre a avaliação das estimativas	1	Relatório científico 1	X



Implementação de técnicas de previsão no ForTraCC	2	Algoritmo de previsão	X
Banco de dados dos sistemas de chuva rastreados e previstos	2	Banco de dados local	X
Relatório científico sobre os fatores morfológicos que impactam na previsão	2	Relatório científico 2	X

4.8.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2023
Destrezas dos modelos de estimativa de chuva sobre o Brasil. Definindo as incertezas para usos no monitoramento da chuva no Brasil	1	Campos meteorológicos de incertezas e relatório científico	X
Performance do modelo de previsão de chuva sobre o território brasileiro. Garantia da confiabilidade na definição das trajetórias e previsão dos sistemas precipitantes, importante no monitoramento em sistemas hidrometeorológicos	2	Ferramenta para análise meteorológica e artigos científicos ou notas técnicas/capacitação nas ferramentas desenvolvidas	X

4.8.8 - Recursos Solicitados

Custeio:

Não existe previsão de custeio para este projeto.

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00	6	1	24.960,00
	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\$)					24.960,00

4.8.9 - Equipe do Projeto

- Alan James Peixoto Calheiros (COPDT, responsável)
<http://lattes.cnpq.br/5419406895036725>

- Daniel Alejandro Vila (WMO)
<http://lattes.cnpq.br/6440821154496824>



- Thiago Souza Biscaro
<http://lattes.cnpq.br/4731526564386622>

- Rogério da Silva Batista
<http://lattes.cnpq.br/6192649210073101>

- Bolsista PCI classificado por meio deste edital

4.8.10-Referências Bibliográficas

- [1] KIDD, C., Takayabu, Y. N., Skofronick-Jackson, G. M., Huffman, G. J., Braun, S. A., Kubota, T., & Turk, F. J. (2020). The Global Precipitation Measurement (GPM) Mission. In *Satellite Precipitation Measurement* (pp. 3-23). Springer, Cham.
- [2] KUBOTA, Takuji et al. Global Satellite Mapping of Precipitation (GSMaP) products in the GPM era. *Satellite Precipitation Measurement: Volume 1*, p. 355-373, 2020.
- [3] Kuligowski, R. J. (2010). The Self-Calibrating Multivariate Precipitation Retrieval (SCaMPR) for high-resolution, low-latency satellite-based rainfall estimates. *Satellite Rainfall Applications for Surface Hydrology*, 39-48.
- [4] PRIYAMBODOHO, B. A., Kure, S., Yagi, R., & Januriyadi, N. F. (2021). Flood inundation simulations based on GSMaP satellite rainfall data in Jakarta, Indonesia. *Progress in Earth and Planetary Science*, 8(1), 1-17.
- [5] HOUZE, R. A. (1977). Structure and dynamics of a tropical squall–line system. *Monthly Weather Review*, 105(12), 1540-1567.



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

Subprojeto 4.9: Investigação de Processos de Atomização de Propelentes e Desenvolvimento de Injetores para Propulsores Espaciais

4.9.1 – Introdução

Satélites, sondas espaciais e foguetes utilizam, na maioria das vezes, sistemas propulsivos químicos para efetuarem mudança de órbita, controle de atitude ou para posicionamento. Tais sistemas utilizam a ejeção dos produtos da combustão dos propelentes através de uma tubeira para a geração de empuxo. Os sistemas propulsivos químicos podem ser classificados de acordo com estado físico dos propelentes em sistemas a propelentes sólidos, líquidos, gelificados, emulsionados, lamosos, a gás, híbridos e outros.

Ao longo dos últimos anos tem havido um crescente interesse, em diversos países, pelo desenvolvimento de sistemas propulsivos de menor custo e que empreguem propelentes limpos - *green propellants* - ou seja, propelentes pouco tóxicos e de menor impacto ambiental. Diversos propelentes líquidos e gelificados “green” têm sido avaliados e propulsores testados usando esses propelentes. Adicionalmente estão sendo desenvolvidos novos propelentes hipergólicos, ou seja, propelentes que entram em ignição ao simples contato. Com isto não é necessária a utilização de um sistema de ignição, reduzindo assim a massa e aumentando a confiabilidade do sistema propulsivo.

Os propelentes são, em geral, atomizados por meio de injetores ao entrarem na câmara de combustão de um propulsor, com a formação de um spray de pequenas gotas, preferencialmente de tamanho uniforme e distribuídas de forma pré-definida no interior da câmara. Um processo de atomização eficiente permite aumentar significativamente as taxas de vaporização, mistura e de queima dos propelentes e, em consequência, há um aumento da eficiência de queima e uma redução do volume de câmara requerido.

A formação de um spray resulta da ação das forças de inércia, viscosas e de tensão superficial sobre o fluido. A atomização pode ser efetuada por diferentes métodos de conversão de energia, por exemplo, pela aplicação de um diferencial de pressão, exposição do líquido a um escoamento de gás a alta velocidade ou aplicação de energia mecânica e de outras formas de energia externa.

Um projeto adequado do sistema injetor é essencial para o bom funcionamento de um propulsor espacial. Por exemplo, a geração de instabilidades durante o processo de atomização pode levar a consequências catastróficas e à destruição do propulsor.

Relativamente poucos estudos existem na literatura sobre os processos de atomização de propelentes “green”, de propelentes gelificados hipergólicos e de geração de instabilidades durante a formação de sprays desses fluidos. As plumas de exaustão de propulsores por sua vez podem causar interferência eletromagnética e causar depósitos em superfícies de painéis solares, sensores e dispositivos ópticos de satélites e veículos espaciais.

A presente proposta de pesquisa visa o desenvolvimento e aplicação de técnicas ópticas avançadas, no estado da arte, para a determinação de características microscópicas e macroscópicas de sprays e de propriedades dos escoamentos em propulsores espaciais bipropelentes. Serão implementados métodos schlieren, shadowgraphy telecêntrico e de microscopia shadow para medidas de velocidades de partículas, tamanhos e formas de partículas, ligamentos e filmes fluidos, distribuições de tamanhos de partículas, comprimentos de quebra, comprimentos de penetração,



ângulos de cone de spray, instabilidades de filmes fluidos, ondas de choque e expansão e outros. Serão desenvolvidos softwares próprios ou utilizados softwares livres para o tratamento das imagens obtidas por câmeras de alta velocidade para o cálculo dos diversos parâmetros, buscando-se aplicações em tempo real.

A aplicação de técnicas ópticas avançadas permitirá a realização de estudos de processos de atomização de propelentes e possibilitará um melhor entendimento dos processos de atomização, além do desenvolvimento de injetores para aplicações em sistemas de propulsão bipropelentes.

O presente subprojeto visa dar continuidade às pesquisas realizadas ao longo dos últimos 15 anos no Laboratório de Combustão e Propulsão da COPDT/INPE. Neste período foram desenvolvidos propulsores monopropelentes, bipropelentes e híbridos, bem como diversos tipos de injetores visando aplicações espaciais e industriais.

Esse subprojeto consta no Projeto 4 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE, e encontra-se no âmbito do TAP com processo SEI 01340.005218/2022-86.

4.9.2 - Objetivo Geral

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

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

Objetivo Específico 4.2: “Modelagem e desenvolvimento de sistemas de propulsão bipropelente para mudanças de órbita de satélites e para estágios superiores de foguetes”.

4.9.3 - Insumos

4.9.3.1 – Custeio

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

4.9.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Qtde
4.9.1	Profissional com 10 (dez) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior em Física, Engenharias Mecânica, Aeroespacial, Aeronáutica, Química ou áreas afins; ou com título de doutor há, no mínimo, 2 (dois) anos; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 6 (seis) anos	Mecânica dos Fluidos ou Óptica Mestrado ou Doutorado em Engenharia e Tecnologia Espaciais	4.2	D-A	6	1



4.9.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas						
			2024	2025	2026	2027	2028	2029	
Revisão bibliográfica	4.2	Relatório	X						
Desenvolvimento de Sistema Óptico de Diagnóstico de Sprays e Escoamentos em Propulsores	4.2	Relatório	X						

4.9.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre												
	2024		2025		2026		2027		2028		2029		
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
Revisão bibliográfica		X											
Desenvolvimento de Sistema Óptico de Diagnóstico de Sprays e Escoamentos em Propulsores		X											

4.9.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas						
			2024	2025	2026	2027	2028	2029	
Sistema óptico de diagnóstico de sprays e escoamentos	4.2	Projeto do Sistema Óptico.	X						

4.9.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas						
			2024	2025	2026	2027	2028	2029	
Capacidade de diagnóstico de sprays e escoamentos	4.2	Sistema óptico disponível	X						

4.9.8 - Recursos Solicitados



Não foram solicitados recursos de custeio.

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00	6	1	31.200,00
	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\$)					31.200,00

4.9.9 - Equipe do Projeto

Fernando de Souza Costa – Pesquisador Titular do LCP/COPDT/INPE

José Carlos de Andrade – Técnico aposentado do LCP/COPDT/INPE

Francisco Carlos de Almeida – Técnico do LCP/COPDT/INPE

Igor Paccini – Mestrando ETE do INPE

Gabriel Silva Dias – Doutorando ETE do INPE

Bolsista PCI – a definir

4.9.10 - Referências Bibliográficas

Fischer, G. A. A., “Atomização de Géis por Injetores Centrífugos e Jato-Centrífugos para Aplicações em Propulsão de Foguetes,” *Ph.D. Dissertation*, Combustion and Propulsion Laboratory, National Institute for Space Research, Brazil, 2019.

Ghfourian, A., Mahalingam, S., Dindi, H. and Daily, J.W., 1991. “A Review of Atomization in Liquid Rocket Engines”. *29th Aerospace Sciences Meeting*, Reno, Nevada, US.

Ibrahim, E.A. and Przekwas, A.J., 1991. “Impinging Jets Atomization”. *Phys.Fluids A*, Vol. 3, No. 12, pp. 2981–2987.

Kang, Z., Wang, Z., Li, Q., and Cheng, P., “Review on Pressure Swirl Injector in Liquid Rocket Engines,” *Acta Astronautica*, Vol. 145, pp. 174–198, 2018.

Lefebvre, A. H., and McDonnell, V. G., *Atomization and Sprays*, 2nd ed., Taylor and Francis, London, 2017.

Clark C J and Dombrowski N 1972 Aerodynamic instability and disintegration of inviscid liquid sheets Proc. R. Soc. London. A. Math. Phys. Sci. 329 467–78

Fu Q-F, Yang L-J, Zhang W and Cui K-D 2012 Spray Characteristics of an Open-End Swirl Injector, Atomization and Sprays 22 431–45.

Babinsky E and Sojka P E 2002 Modeling drop size distributions Prog. Energy Combust. Sci. 28 303–29



- Kim D, Im J-H, Koh H and Yoon Y 2007 Effect of Ambient Gas Density on Spray Characteristics of Swirling Liquid Sheets *J. Propuls. Power* 23 603–11
- Fu Q-F, Yang L-J, Qu Y-Y and Gu B 2010 Linear Stability Analysis of a Conical Liquid Sheet *J. Propuls. Power* 26 955–68
- Fansler T D and Parrish S E 2015 Spray measurement technology: a review *Meas. Sci. Technol.* 26 01 2002
- Israel F, Taylor A M K P and Whitelaw J H 1995 Simultaneous measurement of droplet velocity and size and flame mantle temperature by phase Doppler anemometry and two-colour pyrometry *Meas. Sci. Technol.* 6 727–41
- Nishino K, Kato H and Torii K 2000 Stereo imaging for simultaneous measurement of size and velocity of particles in dispersed two-phase flow *Meas. Sci. Technol.* 11 633–45
- Fujisawa N, Hosokawa A and Tomimatsu S 2003 Simultaneous measurement of droplet size and velocity field by an interferometric imaging technique in spray combustion *Meas. Sci. Technol.* 14 1341–9
- Zama Y, Kawahashi M and Hirahara H 2005 Simultaneous measurement method of size and 3D velocity components of droplets in a spray field illuminated with a thin laser-light sheet *Meas. Sci. Technol.* 16 1977–86
- Wissel S and Grünefeld G 2006 Flow-field measurements of liquid and gaseous phases in the ultra-dense region of diesel sprays *Appl. Phys. B* 83 181–4
- Fujisawa N and Nakashima K 2007 Simultaneous measurement of three-dimensional flame contour and velocity field for characterizing the flickering motion of a dilute hydrogen flame *Meas. Sci. Technol.* 18 2103–10
- Zhang M, Xu M and Hung D L S 2014 Simultaneous two-phase flow measurement of spray mixing process by means of high-speed two-color PIV *Meas. Sci. Technol.* 25 095204
- Pham P X, Kourmatzis A and Masri A R 2017 Simultaneous volume-velocity measurements in the near field of atomizing sprays *Meas. Sci. Technol.* 28 115203
- Jeong S and Yoon Y 2021 Sheet-breakup characteristics of a closed-type swirl injector considering internal flow instability *Acta Astronaut.* 186 363–71
- Lee J, Basu S and Kumar R 2013 Comparison and cross-validation of optical techniques in different swirl spray regimes *At. Sprays* 23 697–724
- Durdina L, Jedelsky J and Jicha M 2014 Investigation and comparison of spray characteristics of pressure-swirl atomizers for a small-sized aircraft turbine engine *Int. J. Heat Mass Transf.* 78 892–900
- Rajamanickam K and Basu S 2017 Insights into the dynamics of spray-swirl interactions *J. Fluid Mech.* 810 82–126
- Machado D A, de Souza Costa F, de Andrade J C, Dias G S and Fischer G A A 2022 Schlieren Image Velocimetry of Swirl Sprays *Flow, Turbul. Combust.*
- Settles G S and Hargather M J 2017 A review of recent developments in schlieren and shadowgraph techniques *Meas. Sci. Technol.* 28
- Settles G S and Hargather M J 2017 A review of recent developments in schlieren and shadowgraph techniques *Meas. Sci. Technol.* 28 042001
- Kang Z, Wang Z guo, Li Q and Cheng P 2018 Review on pressure swirl injector in liquid rocket engine *Acta Astronaut.* 145 174–98
- Bazarov V, Yang V and Puri P 2004 Design and Dynamics of Jet and Swirl Injectors *Liquid Rocket Thrust Chambers* ed M Popp, J Hulka, V Yang and M Habiballah (Reston, VA: American Institute of Aeronautics and Astronautics) pp 19–103
- Lefebvre A H and McDonnell V G 2017 *Atomization and Sprays*, Second Edition. (Boca Raton: CRC Press)



- Sazhin S 2014 *Droplets and Sprays* (London: Springer London)
- Ochowiak M, Krupińska A, Włodarczak S, Matuszak M, Markowska M, Janczarek M and Szulc T 2020 The Two-Phase Conical Swirl Atomizers: Spray Characteristics *Energies* 13 3416
- Benjamin M A, Mansour A, Samant U G, Jha S, Liao Y, Harris T and Jeng S M 1998 Film thickness, droplet size measurements and correlations for large pressure-swirl atomizers *Proc. ASME Turbo Expo* 3
- Hamid A H A, Kasolang S, Ghaffar Z A and Noh M H M 2018 On the effect of central jet in solid cone pressure-swirl atomizers *J. Mech. Eng.* 5 260–71
- Han Z, Xu Z, Wooldridge S T, Yi J and Lavoie G. 2001 Modeling of DISI Engine Sprays with Comparison to Experimental In-Cylinder Spray Images *Journal of Engines* 110 2376-2386.
- Guildenbecher D R, López-Rivera C and Sojka P E 2011 Droplet Deformation and Breakup *Handbook of Atomization and Sprays* (Boston, MA: Springer US) pp 145–56
- Danh V, Jiang L and Akinyemi O S 2019 Investigation of water spray characteristics in the near field of a novel swirl burst injector *Exp. Therm. Fluid Sci.* 102 376–86
- Palero V R and Ikeda Y 2002 Droplet-size-classified stereoscopic PIV for spray characterization *Meas. Sci. Technol.* 13 312
- Petry N, Schäfer D, Lammel O and Hampf F 2022 Quantification of coflow effects on primary atomization of pressure swirl atomizers *Int. J. Multiph. Flow* 149 103946
- Santiago J G, Wereley S T, Meinhart C D, Beebe D J and Adrian R J 1998 A particle image velocimetry system for microfluidics *Exp. Fluids* 25 316–9
- Banning D H C Van, Geld C W M Van Der, Broos P J C and Strebe M 2014 An assessment of nozzles for steam attemperation *55* 86–94
- Isa K M, Osman K, Yahya A, Ghaffar Z A, Hamid A H A and Kasolang S 2019 Studies on the spray characteristics of pressure-swirl atomizers for Automatic Hand Sanitizer application *J. Adv. Res. Fluid Mech. Therm. Sci.* 55 51–64.



PROJETO 5: PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM CIÊNCIAS ESPACIAIS E ATMOSFÉRICAS

SubProjeto 5.1- Desenvolvimento de ferramentas computacionais para análise dos dados do radiotelescópio BINGO

5.1.1 – Introdução

Este subprojeto está relacionado ao **OE 20 (“Investigar a radiação cósmica de fundo em microondas (RCFM) para entender os mecanismos responsáveis pela formação de estruturas (galáxias, aglomerados) no Universo”)**, do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, (https://www.gov.br/inpe/pt-br/area-conhecimento/fomento-a-pesquisa-e-desenvolvimento/pci/repositorio-de-arquivos/projeto_institucional_inpe_2018-2023final.pdf, pag. 121), e está associado ao Termo de Abertura de Projeto (TAP) “BINGO (BAO from Integrated Neutral Gas Observations)”, inserido no processo SEI 01340.003275/2021-40.

O projeto do rádio telescópio BINGO, concebido para realizar observações de oscilações acústicas de bárions (do inglês, Baryon Acoustic Oscillations - BAO), num intervalo de redshifts $0,13 < z < 0,48$, tem como objetivo principal caracterizar a origem e as propriedades da Energia Escura. Trata-se de uma colaboração do Brasil (INPE, USP, UFCG, IFPB, UFPE e UnB) com a China (YangZhou University e JiaoTong University) e Reino Unido (University of Manchester e University College London). O instrumento é composto de duas antenas parabólicas de cerca de 40 m de diâmetro contendo 28 cornetas no plano focal, operando com temperatura de ruído de ~ 70 K em 2048 canais dentro da faixa de frequências de 980 a 1260 MHz (correspondente ao intervalo de redshifts $0.13 < z < 0.45$), uma época na qual a Energia Escura começa a dominar o Universo. O rádio telescópio BINGO (BAO from Integrated Neutral Gas Observations) será instalado no município de Aguiar, no vale do Piancó, Paraíba.

O cronograma de projeto prevê a entrega de vários produtos de software para caracterização do instrumento e análise inicial de dados, bem como da entrada em funcionamento de um receptor no segundo semestre de 2024, dando início ao comissionamento do instrumento. O financiamento para a construção das fundações e dos espelhos já foi aprovado, com recursos concedidos pela FINEP e pelo governo do estado da Paraíba, respectivamente. A contratação dos espelhos foi feita no final de 2022, junto à empresa chinesa CETC54 e o convênio FINEP está em execução, com a construção civil em curso, com previsão de entrega em julho de 2024.

5.1.2 - Objetivo Geral



O Objetivo Geral (OG) deste projeto é aumentar a capacitação institucional em desenvolvimento de software, de instrumentação astronômica e provisão de recursos de forma a potencializar a realização de pesquisas em Astrofísica na instituição. Com isso, pretende-se gerar e divulgar conhecimento científico para a sociedade nas áreas de atuação da Divisão de Astrofísica – DIAST.

Em particular busca-se a excelência no desenvolvimento de modelos físicos e computacionais para estudar a emissão contínua do Hidrogênio neutro a partir de observações em ondas de rádio, bem como no desenvolvimento instrumental (incluindo receptores para radiometria) para realização de pesquisas científicas com o radiotelescópio BINGO. Os objetivos específicos estão ligados a resultados esperados durante o final da fase de testes e o início da fase de comissionamento do radiotelescópio BINGO, e serão listados a seguir:

Objetivo específico 1: utilizar, combinar, adaptar e modificar programas de domínio público usados nas análises de dados dos mapas de hidrogênio neutro para estudos cosmológicos. Em particular, o bolsista deverá testar pacotes que possam ser integrados à, ou usados em conjunto com a, pipeline atual de estimativa de oscilações acústicas de bárions, e que possa ser utilizado nas estimativas dos valores de parâmetros cosmológicos, para a análise dos dados reais coletados pelo BINGO a partir de 2025.

Este objetivo específico será atingido através da execução das seguintes etapas:

- a) Combinação e integração de softwares de remapeamento de cosmologias à pipeline de análise de dados, de forma a testar a sensibilidade do radiotelescópio a diferentes “cosmologias de entrada”; o processo de remapeamento substitui a necessidade de realizar simulações de n-corpos, utilizadas como input cosmológico para a pipeline;
- b) Implementação e/ou adaptação de softwares (de domínio público) que fazem os cálculos de correlação cruzada e do espectro de potência da distribuição de matéria no Universo para diferentes observáveis cosmológicos (rádio x outros comprimentos de onda), gerando estimativas de parâmetros cosmológicos; em particular, o uso da correlação cruzada permitirá estimar a densidade de hidrogênio neutro (Ω_{HI}) no volume de universo observado pelo BINGO.

Objetivo específico 2: utilizar, combinar, adaptar e modificar programas de domínio público usados nas simulações de missão e no controle do instrumento, trabalhando com dados de Nível 0 (séries temporais e dados de housekeeping). Em particular, o bolsista deverá testar pacotes que possam ser integrados à, ou usados em conjunto com a, pipeline atual de simulação da missão e que possa ser na análise dos dados reais coletados pelo BINGO a partir de 2025.

Este objetivo específico será atingido através da execução das seguintes etapas:



- a) Implementação e/ou adaptação de softwares (de domínio público) que fazem a análise de Fourier dos dados e que permitem a identificação de transientes no conjunto de dados brutos coletados pelo telescópio. A identificação de contaminação de ruídos produzidos por GNSS e ERBs, bem como a criação de um algoritmo de produção de mapas a partir das séries temporais é uma etapa ainda não desenvolvida no projeto e que é o ponto de partida para a produção de mapas de hidrogênio neutro de boa qualidade.
- b) Colaboração nos esforços de separação dos sinais transientes das séries temporais, identificando a presença de transientes produzidos pelo homem e, eventualmente, de rajadas rápidas de rádio
- c) Colaboração nos esforços de produção de mapas, a partir de métodos de máxima verossimilhança.

5.1.3 - Insumos

5.1.3.1 – Custeio

Finalidade	Itens de custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)

5.1.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	OE	PCI categoria/nível	Meses	Qtde
5.1.1	Profissional com 10 (dez) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior em Física ou áreas afins; ou com título de doutor em Astronomia ou áreas afins há, no mínimo, 2 (dois) anos; ou ainda, com grau de mestre em Astronomia ou áreas afins há, no mínimo, 6 (seis) anos	Especialização em Cosmologia Observacional/Cosmologia numérica, experiência em simulação e análise de dados astronômicos/cosmológicos	1, 2	DA	6	2

5.1.4 - Atividades de Execução

Atividades	OE	Indicadores	Metas
			2024



Combinação e integração de softwares de remapeamento de cosmologias à pipeline de análise de dados	1	Versões intermediárias do trabalho de integração do software devem ser apresentadas a cada 2 meses	softwares integrados à pipeline de análise de dados
Implementação e adaptação de softwares (de domínio público) que fazem os cálculos de correlação cruzada e do espectro de potência da distribuição de matéria no Universo para diferentes observáveis cosmológicos	1	Versões intermediárias do trabalho de integração do software devem ser apresentadas a cada 2 meses	softwares que fazem os cálculos de correlação cruzada e do espectro de potência da distribuição de matéria implementados
Colaboração nos esforços de análise dos dados de hidrogênio neutro utilizando técnicas de identificação de sinais não gaussianos	1	Versões intermediárias do trabalho de integração do software devem ser apresentadas a cada 2 meses	Pelo menos uma técnica de análise de sinais não-gaussianos implementada
Desenvolvimento e teste de software para atividades de separação dos sinais transientes das séries temporais	2	Versões intermediárias do trabalho de integração do software devem ser apresentadas a cada 3 meses	Ferramenta de separação de sinais transientes implementadas
Desenvolvimento e teste de software para produção de mapas, a partir de métodos de máxima verossimilhança	2	Versões intermediárias do trabalho de integração do software devem ser apresentadas a cada 3 meses	Ferramentas de produção de mapas com pelo menos duas técnicas diferentes implementadas
Desenvolvimento e teste de software para simulação de missão e identificação de interferência de rádio frequência (RFI)	2	Versões intermediárias do trabalho de integração do software devem ser apresentadas a cada 3 meses	Um produto de simulação de missão e caracterização e quantificação de contribuição de RFI implementado.

5.1.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	2024					
	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Combinação e integração de softwares de remapeamento de cosmologias à pipeline de análise de dados	X	X	X	X	X	X
Implementação e/ou adaptação de softwares (de domínio público) que fazem os cálculos de correlação cruzada e do espectro de potência da distribuição de matéria no Universo para diferentes observáveis cosmológicos	X	X	X	X		
Colaboração nos esforços de separação dos sinais transientes das séries temporais feitos pelo grupo do INPE			X	X	X	X
Desenvolvimento e teste de software para atividades de separação dos sinais transientes das séries temporais			X	X	X	X
Desenvolvimento e teste de software para produção de mapas, a partir de métodos de máxima verossimilhança	X	X	X	X		
Desenvolvimento e teste de software para simulação de missão e identificação de interferência de rádio frequência (RFI)	X	X	X	X	X	X



5.1.6 – Produtos

Produtos	OE	Indicadores	Metas
			2024
programas de domínio público usados nas análises de dados dos mapas de HI implementados neutro para estudos cosmológicos. Cosmológicos implementados no servidor de arquivos do grupo de cosmologia.	1	Tutorial de uso dos programas implementado	Programas instalados, testados e com tutorial de uso concluído
software específico para tratamento de dados de nível 2, particularmente para análise de sinais não-gaussianos, implementados no servidor de arquivos do grupo de cosmologia.	1	Tutorial de uso dos programas implementado	Programas instalados, testados e com tutorial de uso concluído
programas para atividades de separação dos sinais transientes das séries temporais e produção de mapas, a partir de métodos de máxima verossimilhança implementados no servidor de arquivos do grupo de cosmologia.	2	Tutorial de uso dos programas implementado	Programas instalados, testados e com tutorial de uso concluído
Software para simulação de missão e identificação de interferência de rádio frequência (RFI), específico para tratamento de dados de nível 0 (séries temporais e dados de housekeeping), implementados.	2	Tutorial de uso dos programas implementado	Programas instalados, testados e com tutorial de uso concluído

5.1.7 – Resultados Esperados

Resultados	OE	Indicadores	Metas
			2024
Programas instalados no servidor, com acesso a todos os participantes do grupo e compartilhamento das técnicas utilizadas para atingir os objetivos na forma de relatório	1, 2	Resultados apresentados na forma de um tutorial disponível todos os membros do grupo e da colaboração, para uso, com os devidos créditos aos autores, em outras análises.	Pelo menos 1 artigo publicado (como primeiro autor), decorrente dos trabalhos do bolsista
Aumento do número de publicações científica para o cumprimento da Meta anual estabelecida para a CGCEA	1, 2	percentual do Nº de publicações em relação ao total anual estabelecido para a CGCEA	24% da meta anual de publicações da CGCEA
Contribuição para a implementação de uma pipeline de análise de dados que realize o processo desde a simulação dos sinais cosmológicos visto pelo instrumento até a determinação de parâmetros cosmológicos	1, 2	Pipeline “end-to-end” implementada e rodando no servidor do grupo	Pipeline utilizada pelos membros do grupo e pela colaboração em geral



Contribuição para o desenvolvimento de projeto de instrumentação científica de ponta, na área de Ciências Espaciais, com liderança brasileira e do INPE, em particular (Meta 5.2 do Plano Diretor 2022-2026)	1, 2	Instrumento em operação	Instrumento em operação
--	------	-------------------------	-------------------------

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	6	2	62.400,00
	B	4.160,00			
	C	3.380,00			
	D	2.860,00			
	E	1.950,00			
	F	900,00			

5.1.9 - Equipe do Projeto

INPE

- Carlos Alexandre Wuensche (DIAST)
- Vincenzo Liccardo
- Bruno Benedito Bizarria
- Gabriel Silva
- Camila Paiva Novaes (atualmente visitando o Kavli Institute, University of Tokyo, Japão)

UFCG

- Amílcar Rabelo de Queiróz
- Luciano Barosi de Lemos

Shanghai Astronomical Observatory

Jiajun Zhang



PROJETO 5: PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM CIÊNCIAS ESPACIAIS E ATMOSFÉRICAS

Subprojeto 5.2 - Anãs F-G-K-M com planetas do tipo rochoso terrestre: parâmetros atmosféricos e indicadores químicos de habitabilidade

5.2.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 5 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, e está associado ao Termo de Abertura de Projeto (TAP) ‘Caracterização físico-química-evolutiva de estrelas de tipo solar: conexão com formação de planetas e evolução química da Galáxia’ (processo SEI 01340.000973/2023-55), o qual foi aprovado pelo CA da CGCE.

A busca por planetas extrassolares tem sido realizada por meio de levantamentos fotométricos e espectroscópicos, tanto com o uso de telescópios/instrumentos em solo como em satélites científicos, nos quais as estrelas de tipo solar são majoritariamente inspecionadas. A formação de planetas parece ser um processo bem comum em torno de estrelas na vizinhança solar no disco da Galáxia. Os exoplanetas exibem uma grande variedade de dimensão e massa, de modo que podem ser classificados como subterras, terrestres, superterras/subnetunos, netunos e gigantes gasosos (júpiteres).

Investigar a conexão físico-química entre estrelas de tipo solar e a presença de planetas de diferentes classes tem sido um dos nichos da astrofísica estelar/galáctica. A formação de planetas gasosos e talvez rochosos terrestres parece ter maior probabilidade em torno de estrelas enriquecidas em metais mapeados pela abundância de vários tipos de elementos químicos (ex. pico do ferro, alfa, grupo CNO). Efeitos advindos da evolução quimio-dinâmica da Galáxia, especialmente na vizinhança solar, precisam ser considerados neste contexto e, dentro do possível, descontados.

Com base nisto, temos compilado e determinado para diferentes amostras de estrelas de tipo solar, — de modo sistemático, homogêneo e criterioso — parâmetros fotosféricos fundamentais (T_{ef} , $[\text{Fe}/\text{H}]$, $\log g$, V_{micro}), abundâncias de elementos de grupos nucleossintéticos distintos, e indicadores de atividade magnética junto com parâmetros evolutivos (massa e idade), entre outros parâmetros que caracterizam fisicamente uma estrela.

No caso de planetas rochosos de tipo terrestre, tendo a Terra como protótipo, suas estruturas internas são ditadas pelo processo de formação em si em função da colisão e acreção de planetésimos com assentamento mineralógico diferencial e, também, pelo reservatório de energia interno adquirido ao longo de formação. A Terra, como exemplo singular, possui um núcleo metálico rígido e “plástico” (liga de Fe-Ni-S-O) em processo de cristalização mais internamente, um manto liquefeito de silicatos (MgSiO_3) e óxidos de Mg/Si cuja convecção proporciona a tectônica de placas continentais de uma crosta rochosa externa. O campo magnético dipolar da Terra advém, principalmente, dos



movimentos de rotação e convecção da parte mais externa do núcleo como também do manto.

Com relação à habitabilidade na superfície de planetas terrestres (rochosos-metálicos), torna-se interessante inspecionar indicadores ligados à presença de um possível tectonismo, o qual é proporcionado pela presença de um manto convectivo sob uma crosta rígida rochosa. A tectônica de placas continentais induz à existência de um ciclo geológico do carbono que contribui para a estabilização térmica da atmosfera (efeito estufa), a qual dá condições para o desenvolvimento e evolução da vida em escalas longas de tempo. Botelho et al. (2019) comprovou os resultados de Unterborn et al. (2015), estendendo-os para uma amostra mais abrangente de gêmeas solares, que abrangem idades de 0,5 a 8,6 bilhões de anos. Conhecer as concentrações de determinados elementos químicos em estrelas hospedeiras de planetas tipo “terra” torna-se, portanto, de fundamental importância para compreender, além da conexão com o processo de formação deles, questões acerca da habitabilidade (na superfície deles ao menos). A composição química de uma estrela hospedeira traça de algum modo a constituição química de seu conjunto de planetas. A composição química estelar é investigada em detalhe por meio da análise de seu espectro fotosférico em resolução alta na escala de comprimento de onda em conjunto com a determinação dos parâmetros fundamentais fotosféricos.

As proporções relativas entre C, O, Mg, Si e Fe, além da massa e raio, irão determinar a estrutura/dinâmica interna, as composições da superfície e atmosfera e a formação em si de planetas terrestres (Bedell et al. 2018, Nissen & Gustafsson 2018 e referências citadas neles). De um modo geral, as abundâncias relativas entre esses e outros elementos, como por exemplo H, He, N, Ne, Al, S, Ar, Ca e Ni também, terão um papel importante no processo de formação e estrutura de qualquer tipo de planeta. Especificamente, se a razão de abundâncias numéricas C/O for menor que 0,8 e a razão Mg/Si for maior que 1 num disco proto-planetário (e conseqüentemente na estrela hospedeira), maior chance haverá para se formar um planeta terrestre, respectivamente, de tipo rochoso (silicatos) e com mineralogia enriquecida de Mg similarmente à da Terra. O Sol tem razão C/O igual a 0,55 ($\pm 0,08$) e razão Mg/Si = $1,23 \pm 0,14$ (Asplund et al. 2019) ou $1,05 \pm 0,14$ em meteoritos do tipo “carbonaceous chondrites” (Lodders, Palme & Gail 2009). Se $C/O > 0,8$, “planetas de carbono” seriam formados (ricos em grafite e carbonetos). No caso de gêmeas solares, por exemplo, Bedell et al. (2018) mediram, ao contrário de trabalhos anteriores, razões C/O e Mg/Si com pouco espalhamento ($\approx 40\%$) em função da idade estelar e [Fe/H] numa amostra que abrange um intervalo de 8 bilhões de anos em idade. Eles mediram C/O variando entre 0,4 e 0,6 e Mg/Si maior que 1, implicando que a formação de planetas rochosos ao redor de gêmeas solares é potencializada sob o ponto de vista químico ao longo da evolução do disco da Galáxia. Nissen & Gustafsson (2018) sugerem inclusive que potenciais planetas terrestres/rochosos teriam composições similares a do planeta Terra se formados em torno de estrelas de metalicidade solar. Uma questão que surge é como seria a distribuição das razões C/O e Mg/Si por entre estrelas (de tipo solar ou não) com



metallicidades diferentes da solar, já que há trabalhos com resultados contraditórios entre si.

5. 2.2 - Objetivo Geral

Planeja-se, como objetivo geral deste projeto, o desenvolvimento e aplicação de ferramentas computacionais para caracterização fotosférica detalhada de estrelas (em alta e média resolução espectral) incluindo a determinação de abundâncias de elementos químicos de diferentes grupos nucleossintéticos no âmbito de formação de planetas, populações estelares e evolução química da Galáxia. Para atingir o OE23 serão realizadas as seguintes atividades:

- Análise espectroscópica de amostras de estrelas da sequência principal e pós-sequência principal (tipo solar em especial) com objetivo de determinar homoganeamente os parâmetros fotosféricos e abundâncias de elementos individuais, incluindo indicadores de atividade cromosférica ou magnética.
- Compilação e análise de parâmetros fotosféricos, abundâncias químicas e outros parâmetros estelares fundamentais como massa e idade por entre diferentes amostras de estrelas da cercania solar e além (abrangendo populações estelares ou componentes distintos da Galáxia) tanto no contexto de evolução química como de formação de planetas.

Neste projeto planejamos medir e compilar um conjunto de requisitos astrofísicos estelares ligados à habitabilidade em planetas de tipo rochoso terrestre detectados em torno de estrelas de tipo F, G, K e M, tais como abundâncias de elementos-chave ligados à química da vida (grupo CNO) e à composição química deste tipo de planeta (Fe, Mg, Si, Ni, Ca, Al e S) e reservatório de energia interna deles (Th), além de marcadores de atividade magnética. Assim, tais planetas precisam ter massa e raio conhecidos. Selecionaremos basicamente estrelas desde o tipo F ao M que abriguem tal tipo de planetas, preferencialmente situados em zona habitável de seus sistemas.

Efeitos devido à evolução química da Galáxia e de evolução estelar precisarão ser considerados e/ou descontados quando formos comparar as abundâncias medidas de diferentes elementos entre si (estamos interessado nas abundâncias iniciais em cada estrela), especialmente quando confrontadas com estrelas de mesmo tipo sem planetas, tomadas como referência. No caso da evolução química da Galáxia sabe-se, por exemplo, que as razões X/Fe são modificadas em função do tempo (da Silva et al. 2015, Bedell et al. 2018), ou seja, são dependentes da época quando a estrela se formou (e também local de nascimento determinado pela distância vertical ao disco e raio galactocêntrico).

5. 2.3 - Insumos

5.2.3.1 – Custeio



Finalidade	Item de Custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)
Nada a incluir.	Passagens	0,00
Nada a incluir.	Diárias	0,00

5. 2.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Qtde
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 Física, Astronomia ou áreas afins; ou com título de doutor há, no mínimo, 2 (dois) anos; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 6 (seis) anos	Astrofísica Estelar Astronomia	23	DA	6	1

5. 2.4 - Atividades de Execução

Atividades	OE	Indicadores	Metas			
			2024 julho	2024 ago	2024 set-out	2024 nov-dez
Análise espectroscópica de amostras de estrelas da sequência principal e pós-sequência principal (tipo solar em especial) com objetivo de determinar homogeneamente os parâmetros fotosféricos e abundâncias de elementos individuais, incluindo indicadores de atividade cromosférica ou magnética.	23	Seleção de linhas para análise espectro-química, estimativas de erros em parâmetros estelares e abundâncias elementais, levantamento da presença de planetas, análise multiparamétrica dos resultados em confrontação com estimativas de massas e idades por diversos métodos (isócronas, lítio, quimicronologia, atividade cromosférica, rotação).	Análise Espectroquímica com estimativas de erros concluída	Levantamento da presença de planetas por entre as amostras de estrelas selecionadas, e estimativas de massas e idades por diversos métodos.	Análise dos resultados dentro do ponto de vista evolutivo estelar, formação de planetas e de evolução química da Galáxia.	—



<p>Compilação e análise de parâmetros fotosféricos, abundâncias químicas e outros parâmetros estelares fundamentais como massa e idade por entre diferentes amostras de estrelas da cercania solar e além (abrangendo populações estelares ou componentes distintos da Galáxia) tanto no contexto de evolução química como de formação de planetas.</p>	<p>23</p>	<p>Análises estatísticas das amostras estelares analisadas do ponto de vista da presença/formação de planetas (rochosos terrestres), evolutivo estelar e de evolução química da Galáxia (em comparação contra amostras de referências)</p>	<p>—</p>	<p>—</p>	<p>Levantamento da presença de planetas por entre as amostras de estrelas selecionadas, e estimativas de massas e idades por diversos métodos.</p>	<p>Análise dos resultados dentro do ponto de vista evolutivo estelar, formação de planetas e de evolução química da Galáxia.</p>
---	-----------	--	----------	----------	--	--

5. 2.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	2024					
	mês					
	julho	ago	set	out	nov	dez
Análise Espectroquímica com estimativas de erros	x	x				
Levantamento da presença de planetas (rochosos terrestres) por entre as amostras de estrelas selecionadas, e estimativas de suas massas e idades por diversos métodos.			x	x		
Análise dos resultados dentro do ponto de vista evolutivo estelar, presença/formação de planetas (rochosos terrestres) e de evolução química da Galáxia.					x	x

5. 2.6 – Produtos

Produtos	OE	Indicadores	Metas			
			2024 julho	2024 ago	2024 set-out	2024 nov-dez



<p>Análise espectroscópica de amostras de estrelas da sequência principal e pós-sequência principal (tipo solar em especial) com objetivo de determinar homogêneo os parâmetros fotosféricos e abundâncias de elementos individuais, incluindo indicadores de atividade cromosférica ou magnética.</p>	23	<p>Seleção de linhas para análise espectro-química, estimativas de erros em parâmetros estelares e abundâncias elementais, levantamento da presença de planetas, análise multiparamétrica dos resultados em confrontação com estimativas de massas e idades por diversos métodos (isócronas, lítio, quimicronologia, atividade cromosférica, rotação).</p>	<p>Análise espectroquímica com estimativas de erros concluída</p>	<p>Análise espectroquímica com estimativas de erros concluída</p>		<p>Análise dos resultados dentro do ponto de vista evolutivo estelar, formação de planetas e de evolução química da Galáxia.</p>
<p>Compilação e análise de parâmetros fotosféricos, abundâncias químicas e outros parâmetros estelares fundamentais como massa e idade por entre diferentes amostras de estrelas da cercania solar e além (abrangendo populações estelares ou componentes distintos da Galáxia) tanto no contexto de evolução química como de formação de planetas.</p>	23	<p>Análise e contextualização das amostras estelares analisadas do ponto de vista da presença/formação de planetas, evolutivo estelar e de evolução química da Galáxia.</p>			<p>Levantamento da presença de planetas por entre as amostras de estrelas selecionadas, e estimativas de massas e idades por diversos métodos.</p>	

5. 2.7 – Resultados Esperados

Resultados	OE	Indicadores	Metas
------------	----	-------------	-------



			2024 julho	2024 ago	2024 set-out	2024 nov- dez
Compilação de espectros de alta resolução em bases públicas para uma pré-amostra já selecionada	23	Uniformização e pré-análise dos espectros (normalização do contínuo, medição de razão S/N, resolução espectral e amostragem espectral)	x			
classificação da amostra de estrelas e seus espectros em sub-amostras mais restritivas de estrelas com dados uniformes dentro do possível, definindo prioridades	23	compilação e análise dos resultados da primeira sub-amostra		x	x	
análise espectroscópica da sub-amostra prioritária: determinação de quatro parâmetros fotosféricos fundamentais, $V_{rot} \cdot \sin(i)$, V_{macro} , massa, idade, atividade magnética e abundâncias elementais (C, N, O, Fe, Mg, Si, Ni, Ca, Al, S e Th)	23	redação e submissão de artigo				x

5. 2.8 - Recursos Solicitados

Custeio:

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



Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantida de	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00	6	1	31.200,00
	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\$)					31.200,00

5. 2.9 - Equipe do Projeto

Dr. André de Castro Milone
Dr. José Williams dos Santos Vilas Boas
Dr. Carlos Alexandre Wuensche de Souza

5. 2.10 - Referências Bibliográficas

Asplund et al. 2019, ARA&A, 47, 481
Botelho et al. 2019, MNRAS, 482, 1690
Botelho et al. 2020, MNRAS, 499, 2196
Bedell et al. 2018, ApJ, 865, 68B
da Silva et al. 2011, A&A, 526, A71
da Silva et al. 2015, A&A, 580, A24
Fischer & Valenti 2005, ApJ, 622, 1102
Haghighipour 2013, AREPS, 41, 469
Meléndez et al. 2009, ApJ, 704, 66
Milone et al. 2012, JCIS, 3, 127
Milone et al., em preparação
Nissen & Gustafsson 2018, AAR, 26, 6
Ramírez et al. 2014, A&A, 561, A7
Unterborn et al. 2015, ApJ, 806, 139



PROJETO 5: PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM CIÊNCIAS ESPACIAIS E ATMOSFÉRICAS

Subprojeto 5.3 - Caracterização polarimétrica do instrumento SPARC4

5.3.1 – Introdução

Este projeto prevê a contratação de um profissional para a caracterização das medidas polarimétricas do instrumento SPARC4 – *Simultaneous Polarimeter and Rapid Camera in 4 bands* – através do Programa de Capacitação Institucional (PCI). Como descrito a seguir, o projeto SPARC4 está em consonância com os objetivos estratégicos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e alinhado com o Projeto 5 do PCI do INPE relativo ao período de 2019 a 2023 disponível na página do INPE.

O Objetivo Estratégico (OE) 12 do Plano Diretor do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) de 2022 – 2026 [1] é "*Desenvolver pesquisa básica e aplicada em Ciências Espaciais, e desenvolver instrumentação científica competitiva.*" Uma das metas para alcançar esse objetivo é a M-12.8, que visa "*Desenvolver e testar no Laboratório Nacional de Astrofísica (LNA) a câmera imageadora em 4 bandas SPARC4*".

Podemos também citar o Plano de Trabalho celebrado entre o INPE e a Agência Espacial Brasileira (AEB) referente à Ação Orçamentária 20VB e Plano Orçamentário 0009, "PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM AERONOMIA, ASTROFÍSICA E GEOFÍSICA ESPACIAL" para 2024. Nesse plano as metas quantitativas estão relacionadas à produção de publicações científicas e à manutenção de infraestrutura de pesquisa. Este projeto contribui para sejam alcançadas ambas metas, de modo que está completamente alinhado não apenas ao Plano Diretor do INPE, mas também às metas pactuadas com as instituições governamentais da área.

O Projeto 5 do Documento "PCI 2019 – 2023" [2] apresenta as atividades do INPE na área de Ciências Espaciais e Atmosféricas que podem se beneficiar do PCI pelo aumento da capacitação institucional em desenvolvimento de software, de instrumentação e pela provisão 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 áreas. O presente projeto está vinculado ao Objetivo Específico 12 desse documento, que é dedicado ao desenvolvimento do instrumento SPARC4.

Esse instrumento astronômico é uma câmera rápida que obtém imagens simultaneamente em quatro bandas espectrais largas na região visível do espectro eletromagnético. Essas imagens são utilizadas para medidas de fluxo e de polarização de objetos astronômicos. Esse desenvolvimento instrumental é liderado pela linha de pesquisa de Astrofísica Óptica e no Infravermelho da Divisão de Astrofísica (DIAST) do INPE com uma forte colaboração do LNA. Esse instrumento opera no telescópio de



1,6 m do Observatório do Pico dos Dias (OPD), gerenciado pelo LNA, também um instituto do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Esse é o maior telescópio óptico em solo brasileiro, sendo vital para a realização de investigações astronômicas no Brasil. O instrumento SPARC4 é uma facilidade do OPD e está sendo utilizado por pesquisadores de universidades, do INPE, do LNA e do Observatório Nacional/MCTI, dentre outras instituições que realizam pesquisa astronômica com dados desse observatório. Destacamos que o OPD é um observatório aberto, assim astrônomos de outros países também realizam observações com essa facilidade. Em 2022 e 2023, foi realizado o comissionamento do instrumento. Ele consiste em realizar observações e atividades diversas para testar e caracterizar todos os modos de operação do instrumento tanto do ponto de vista de funcionamento quanto do ponto de vista das características do sinal detectado. As interfaces do instrumento com o observatório também são testadas no comissionamento.

Em particular, o comissionamento envolve a aquisição de dados que permitem verificar se as imagens obtidas têm qualidade de acordo com o projeto óptico e os testes de bancada, se o sinal-ruído é o esperado, ou se existe polarização instrumental, para citar algumas propriedades das medidas que devem ser aferidas no comissionamento. Este projeto foca na caracterização dos modos polarimétrico da SPARC4.

Durante o comissionamento do instrumento e já durante sua operação regular como uma facilidade do observatório, foram obtidas muitas imagens no modo polarimétrico de estrelas padrões que permitem caracterizar as medidas instrumentais. Existem modos polarimétricos que permitem a medida da polarização linear e/ou circular, modos estes que são definidos através da escolha dos elementos ópticos específicos para cada caso, quais sejam, a lâmina retardadora de meia-onda ou a de quarto-de-onda. O instrumento também possui elementos ópticos para a calibração polarimétrica: um polarizador, que transforma o feixe de entrada em um feixe 100% polarizado; e um depolarizador, que transforma o feixe de entrada em um feixe completamente não-polarizado. Deve ser destacado que a direção da polarização linear deve ser apresentada em um referencial padrão (que no caso de medidas astronômicas é o equatorial celeste). Assim, é importante identificar o alinhamento do instrumento em cada missão, já que pequenas diferenças na montagem do instrumento no telescópio ou dos elementos ópticos no instrumento podem produzir diferentes alinhamentos com relação ao referencial padrão.

Uma primeira análise de parte das imagens obtidas no comissionamento demonstra que a polarimetria obtida com a SPARC4 é de muito boa qualidade [3]. Mas, ainda resta reduzir e analisar o conjunto completo de dados.



Este projeto PCI tem como foco completar a caracterização das medidas polarimétricas obtidas com a SPARC4 e visa a contratação de um especialista para a realização dessa atividade.

5. 3.2 - Objetivo Geral

Este projeto insere-se no objetivo geral de construir e testar o instrumento astronômico SPARC4, uma câmera óptica rápida em quatro canais para a realização de fotometria diferencial e polarimetria, já em operação no telescópio de 1,6 m do OPD.

O objetivo específico deste projeto é:

OE1: Caracterização polarimétrica do instrumento astronômico SPARC4.

O objetivo acima deve ser alcançado através de metas parciais, que são listadas a seguir. As duas primeiras metas podem ser realizadas em 6 meses. As demais necessitam de mais 18 meses para serem cumpridas.

- Meta 1.1. Identificação e organização de todos os dados polarimétricos obtidos até o momento pela equipe da SPARC4 para a caracterização polarimétrica desse instrumento.
- Meta 1.2. Redução desses dados.
- Meta 1.3. Caracterização da configuração óptica em cada missão.
- Meta 1.4. Comparação da polarização obtida com os valores de catálogo.
- Meta 1.5. Análise das medidas realizadas com os calibradores.
- Meta 1.6. Redação de um artigo científico com essa caracterização.



5.3.3 - Insumos

5.3.3.1 – Custeio

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

5.3.3.2 – Bolsas

O projeto necessita de um profissional com formação de nível superior na área de exatas, preferencialmente em física, astronomia ou computação. O perfil ideal é o de um doutor em astrofísica, com experiência em redução de dados polarimétricos.

O prazo estimado para o desenvolvimento do projeto como um todo é de 24 meses. Mas, esta solicitação se refere a um período de 6 meses, onde pode ser realizada a redução de todos os dados disponíveis e uma primeira análise dos resultados para os diferentes modos de operação e configurações instrumentais (Metas 1.1 e 1.2). Em caso de disponibilidade de verba, o projeto pode ser estendido por mais 18 meses.

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/ nível	Meses	Qtde
5.3.1	Profissional com 10 (dez) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação, após a obtenção do diploma de nível superior em Física, Computação ou áreas afins; 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 tratamento e análise de dados astronômicos	OE1	DA	6	1



5.3.4 - Atividades de Execução

Os resultados parciais das atividades deste projeto devem ser descritos em documentos e relatórios. A caracterização final deve ser registrada em um artigo científico a ser submetido à revista indexada da área. Em um prazo de 6 meses (de julho a dezembro de 2024), se prevê que apenas as metas 1.1 e 1.2 possam ser cumpridas.

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Redução dos dados de caracterização polarimétrica do instrumento SPARC4	OE1	Entrega de documento com resultados das medidas de caracterização polarimétrica	1.1 a 1.2
Determinação das grandezas que caracterizam as medidas polarimétricas da SPARC4	OE1	Entrega de documento para a equipe do instrumento com análise das medidas polarimétricas e resultados referentes à caracterização instrumental	
Redação de artigo sobre a caracterização polarimétrica do instrumento SPARC4	OE1	Submissão de artigo sobre a caracterização polarimétrica do instrumento.	

5.3.5 – Cronograma de Atividades

O planejamento da realização das metas descritas acima dentro de um prazo de 6 meses é apresentado na tabela abaixo.

Atividades	Semestre									
	2022		2023		2024		2025		2026	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Meta 1.1										
Meta 1.2										



5. 3.6 – Produtos

Abaixo apresentamos os produtos esperados para um cronograma de atividades de 6 meses.

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2022	2023	2024	2025	2026
Relatórios e documentos relativos ao comissionamento	OE1	Relatórios	-	-	1	-	-
Publicação de Artigos em revistas indexadas de Astrofísica	OE1	Nº de artigos submetidos/período	-	-	-	-	-
Divulgação científica em congressos ou similares	OE1	Nº de pôsteres ou de apresentações orais apresentados no período	-	-	1	-	-

5. 3.7 – Resultados Esperados

Abaixo apresentamos os resultados esperados para um cronograma de atividades de 6 meses.

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2022	2023	2024	2025	2026
Aumento do número de publicações científica para o cumprimento da meta anual estabelecida para a CGCE (Meta do Plano de Trabalho INPE-AEB para a AO 20VB/PO 0009).	OE1	Número de publicações	-	-	-	-	-
Contribuição para o desenvolvimento de projetos de instrumentação científica em plataformas espaciais e no solo em Ciências Espaciais (Meta 12.8 do Plano Diretor do INPE)	OE1	Número de desenvolvimentos de projetos instrumentais	-	-	1	-	-



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	6	1	31.200,00
	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\$)					31.200,00

5.3.9 - Equipe do Projeto

André Alves (LNA)
Cláudia Vilega Rodrigues (INPE) - Investigator principal
Clemens Gneiding (LNA) – Co-investigador principal
Denis Bernardes (INPE)
Eder Martioli (LNA)
Julio Campagnolo (CEFET-RJ)
Flavio Ribeiro (LNA)
Francisco J. Jablonski (INPE)
Francisco Rodrigues (LNA)
Jesulino Bispo (LNA)
Luciano Fraga (LNA)
Orlando Verducci Jr. (LNA)
Wagner Schlindwein (INPE)

5.3.10 - Referências Bibliográficas

[1] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Plano Diretor do INPE 2022-2026: São José dos Campos, 2022.



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

[2] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. “Programa de Capacitação Institucional - PCI 2019 – 2023 - PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS ESPACIAIS E SUAS APLICAÇÕES”: São José dos Campos, nov. 2018.

[3] Mattiucci, A. C. et al., 2024: “*Polarimetric results of the SPARC4 commissioning*”, Proceedings da XLVI Reunião Annual da Sociedade Astronômica Brasileira, em impressão.



PROJETO 5: PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM CIÊNCIAS ESPACIAIS E ATMOSFÉRICAS

Subprojeto 5.4 - Projeto arquitetônico para infraestrutura de coleta de dados e de divulgação científica em Heliofísica e Ciências Espaciais

5. 4.1 – 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 objetivos a elaboração de projetos arquitetônicos para infraestrutura de coleta de dados e para infraestrutura de divulgação científica em Heliofísica e Ciências Espaciais, ligados ao Telescópio Solar do INPE.

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. 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. Nesta fase, o projeto necessita de uma sala de controle para operação remota do



instrumento e de um planejamento de infraestrutura para divulgação dos dados científicos, que já passaram a ser coletados em 2023.

5. 4.2 - Objetivo Geral

O objetivo geral deste projeto é desenvolver projetos arquitetônicos para infraestrutura de coleta de dados e para infraestrutura de divulgação científica em Heliofísica e Ciências Espaciais, ligados ao Telescópio Solar do INPE

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

OE1) Projeto de arquitetura da sala de controle para operação remota do Telescópio solar do INPE;

OE2) Projeto de arquitetura de infraestrutura de divulgação científica dos dados e resultados do projeto, em particular nas áreas comuns dos prédios do INPE envolvidos no projeto Telescópio Solar;

5. 4.3 - Insumos

5.4.3.1 – 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	

5.4.3.2 – 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/	Meses	Qtde
--------	--------------------------------	---------------------	---------------------	----------------	-------	------



				nível		
5.4.1	Profissional com diploma de nível médio e/ou formação profissionalizante em Arquitetura, Design ou áreas afins, com experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação	Arquitetura e/ou Design	1-2	D-F	6	1

5. 4.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
1. Projeto de arquitetura da sala de controle para operação remota do Telescópio solar do INPE;	1	Projeto de arquitetura	Projeto concluído.
2. Projeto de arquitetura de infraestrutura de divulgação científica dos dados e resultados do Telescópio Solar	2	Projeto de arquitetura	Projeto concluído.

5. 4.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre	
	2024	
	1	2
1. Projeto de arquitetura da sala de controle do Telescópio Solar do INPE		
2. Projeto de arquitetura de infraestrutura de divulgação de dados e resultados científicos nas áreas comuns dos prédios do INPE		

5. 4.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
1. Projeto de arquitetura da sala de controle do Telescópio Solar do INPE	1-2	1 * N° de projetos	Projeto concluído
2. Projeto de arquitetura de infraestrutura de divulgação de dados e resultados científicos nas áreas comuns dos prédios do INPE	1-2	1 * N° de projetos	Projeto concluído

5. 4.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024



Contribuição para o desenvolvimento de projetos de instrumentação científica em plataformas espaciais e no solo em Ciências Espaciais	1-2	1 * N° de desenvolvimentos de projetos instrumentais	0,1
---	-----	---	-----

5. 4.8 - 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			
	E	1.950,00			
	F	900,00	6	1	R\$ 5.400,00
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					R\$ 5.400,00

5. 4.9 - Equipe do Projeto

Alisson Dal Lago
 Luis Eduardo Antunes Vieira

5. 4.10 - 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 5.5 - Avaliação e comparação dos níveis de Radiação Ultravioleta (R-UV) nas cidades de Natal – Brasil, Santa Maria – Brasil, São José dos Campos – Brasil e La Paz – Bolívia e a relação com fatores climáticos e atmosféricos agravantes que interferem na incidência das fotodermatose

5. 5.1 – Introdução

A presente proposta de pesquisa é motivada para o estudo e caracterização dos altos fluxos de Radiação Ultravioleta (R-UV) e no estabelecimento de sua dependência com fatores climáticos e atmosféricos locais agravantes que interferem na incidência das fotodermatoses, destacando o câncer de pele nas cidades de Natal, Santa Maria e São José dos Campos no Brasil e La Paz na Bolívia. Tais localidades possuem registros de Índice Ultravioleta (IUV) que ultrapassam a escala de “extremo”, segundo a classificação da Organização Mundial da Saúde (OMS) em termos de cuidados sobre a exposição ao Sol.

Desde a década de 1990 o INPE monitora os fluxos de R-UV por meio de uma rede de espectrofotômetros Brewer instalados no Brasil e na América do Sul, constituindo uma rede internacional de monitoramento de R-UV com base de dados de significativa distribuição geográfica. Estes instrumentos são reconhecidos pela Organização Mundial de Meteorológica (OMM) como padrão de medição de R-UV, ozônio, entre outros gases. Devido à complexidade no manuseio da informação obtida pelos instrumentos Brewer, pretende-se realizar o tratamento dos dados obtidos por tais instrumentos através de um algoritmo para validação, de uma rotina de pré-análise e o uso de modelagem dos dados coletados (RODRIGUEZ, 2018).

A iniciativa de desenvolver o Projeto tem como finalidade proporcionar subsídios às autoridades locais no processo de mitigação dos efeitos nocivos da R-UV na saúde humana, propondo novas informações para reflexões e perspectivas tais como implantação de ações educativas sobre a exposição a R-UV associada às atividades próprias dessas populações. Isto porque geralmente, as recomendações de prevenção, mitigação e educação sobre a exposição da R-UV estão baseadas em pesquisas desenvolvidas nos Estados Unidos da América e países da Europa, desconsiderando as especificidades dos países do continente sul americano onde se encontram localidades com altos fluxos de R-UV como nas cidades de La Paz – Bolívia e Natal – Brasil (CORRÊA, 2015).

Além disso, mediante esta pesquisa será possível ter a inclusão do pessoal do Laboratório de Física da *Universidad Mayor de San Andrés (UMSA)*, da Bolívia, por meio da implantação de um convênio de cooperação entre o INPE e a UMSA e também de pesquisadores médicos de hospitais de referência das duas cidades. Desse modo, espera-se

estabelecer uma equipe multidisciplinar com pesquisadores do Brasil e da Bolívia que possa incentivar à comunidade científica ao desenvolvimento de pesquisas de caráter multidisciplinar e educacional para a população leiga. Outro fator importante que se pretende desenvolver nesta pesquisa é a determinação dos fototipos de pele, através da aplicação de um questionário adaptado à classificação de Fitzpatrick (SACHDEVA, 2009) que avalia: 1) disposição genética; 2) reação à exposição ao sol, e, 3) hábitos de bronzeamento. Isto permitirá reavaliar o fototipo de pele predominante nas localidades desta pesquisa. Finalmente, toda a informação coletada dos Brewer de cada cidade será validada e disponibilizada no site da WOUDC (<https://woudc.org/>).

Delimitação espacial das áreas de estudo:



Este projeto consta no Projeto 5 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE. Ele está relacionado ao TAP nº 01340.004813/2021-13

5.5.2 - Objetivo Geral

O presente estudo tem como objetivo principal avaliar e comparar o comportamento dos níveis de R-UV em solo, por meio do Índice Ultravioleta (IUV) nas cidades brasileiras y boliviana caracterizadas por fluxos elevados de R-UV com características geográficas e



latitudinais diferentes como Santa Maria e São José dos Campos – Brasil, além da relação com fatores climáticos e atmosféricos agravantes que interferem na incidência das fotodermatoses no período referente aos anos de 1997 a 2022.

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

OE1: Realizar a validação da informação de R-UV dos espectrofotômetros Brewer por meio do uso da modelagem nas cidades do Brasil e da Bolívia.

OE2: Avaliar o padrão de comportamento da intensidade do índice ultravioleta e a dose eritematosa mínima nas cidades do Brasil e da Bolívia e compará-los com uma localidade de baixa altitude e distante da Linha do Equador como Santa Maria e São José dos Campos.

OE3: Avaliar as principais variáveis climáticas e atmosféricas (coluna de ozônio, ângulo zenital, nebulosidade, precipitação e temperatura) que interferem na intensidade do fluxo de R-UV na superfície terrestre.

OE4: Estimar o risco relativo das fotodermatoses segundo gênero e faixas etárias da população nas cidades do Brasil e da Bolívia, por meio de informação dos sites de vigilância epidemiológica.

OE5: Determinar os fototipos de pele dos habitantes das cidades do Brasil e da Bolívia.

OE6: Possibilitar a tomada de ações de conscientização dos altos níveis de R-UV registrados nessas localidades e adoção de medidas sócio-educativas de auto-proteção/auto-preservação.

OE7: Disponibilizar a informação de IUV no WOUDC.

5. 5.3 - Insumos

5. 5.3.1 – Custeio

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

5.5.3.2 – Bolsas



Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Qtde
5.5.1	Profissional com 10 (dez) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior em Física, Meteorologia, Engenharias ou áreas afins; ou com título de doutor em Geofísica Espacial, Ciências Climáticas ou áreas afins, há, no mínimo, 2 (dois) anos; ou ainda, com grau de mestre em Geofísica Espacial, Ciências Climáticas ou áreas afins há, no mínimo, 6 (seis) anos.	Mudanças climáticas e efeitos na saúde humana	OE1 a OE7	DA	6	01

5. 5.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores				
			Jul	Ago/Set	Out/Nov	Dez
Levantamento bibliográfico	1, 2, 3	Base científica atualizada	X	X	X	X
Coleta de dados R-UV dos espectrofotômetros	1, 2	Bases de dados atualizadas	X	X		
Organização da informação de R-UV	1, 2	Bases de dados organizadas			X	X
Validação dos dados R-UV por padrões internacionais	1 - 3	Bases de dados validadas com padrões internacionais				X
Análises estatísticas dos dados validados de R-UV	1 - 3	Resultados estatísticos				X
Análises da informação de saúde dos sites de vigilância epidemiológica	4 - 5	Resultados estatísticos			X	X
Participação de eventos (congressos e palestras)	1 - 5	Participação de eventos				X
Publicação de artigos científicos	1 - 5	Artigos científicos				
Disponibilização da informação validada de IUV na WUDC	6	Dados disponíveis na WUDC				X
Elaboração do relatório final	1-6	Relatório final				X

5. 5.5 – Cronograma de Atividades



Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Jul-Ago/24	Set-Out/24	Nov-Dez/24
Levantamento bibliográfico	1, 2	Base científica e atualizada	X	X	
Coleta de dados R-UV dos espectrofotômetros	1, 2	Bases de dados	X	X	X
Organização da informação de R-UV	1, 2	Bases de dados organizadas		X	X
1º Validação dos dados R-UV por padrões internacionais	1, 2, 3	Bases de dados validadas com padrões internacionais			X
Análises estatísticas dos dados validados de R-UV	1, 2, 3	Resultados estatísticos			X
Análises da informação de saúde dos sites de vigilância epidemiológica	4, 5	Resultados estatísticos			X
Participação de eventos (congressos e palestras)	4, 5	Participação de eventos			X
Publicação de artigos científicos	6	Artigos científicos			X
Disponibilização da informação validada de IUUV na WUDC	7	Dados disponíveis na WUDC			X
Elaboração do relatório final	7	Relatório final			X

5. 5.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Jul-Ago/24	Set-Out/24	Nov-Dez/24
Análises epidemiológico das fotodermatose	4,5	Bases de dados de saúde com relevância científico.	X	X	X
Determinação dos fototipos de pele das cidades de estudo	4,5	Determinação do fototipo de pele nas populações das cidades de estudo.			X
Dados validados de IUUV	1,2,3	Informação de R-UV com relevância científica.		X	X



Dados de IUUV disponíveis na WUDC	7	Informação de R-UV disponível na WUDC.			X
Publicação de artigos científicos	6	Artigos científicos			X
Participação de eventos (congressos e palestras)	4,5	Certificados de participação de eventos			X

5. 5.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Jul-Ago/24	Set-Out/24	Nov-Dez/24
Determinação do fototipo de pele nas populações das cidades de estudo.	4,5	Fototipos de pele		X	X
Informação de R-UV disponível na WUDC.	7	Informação de R-UV validada e compartilhada			X
Bases de dados de saúde com relevância científico.	4,5	Informação de saúde relevante			

5. 5.8 - Recursos Solicitados

Bolsas: PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00	6	1	31.200,00
	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\$)					31.200,00



5. 5.9 - Equipe do Projeto

Supervisora: Profa. Dra. Maria Paulete Pereira Martins, pesquisadora Titular III, DIHPA-CGCE.

5. 5.10 - Referências Bibliográficas

CORRÊA, M. P. **Solar ultraviolet radiation: properties, characteristics and amounts observed in Brazil and South America.** Anais Brasileiro de Dermatologia. v. 90, 297-313, 2015.

RODRIGUEZ, J.C. et al., **Methodology for validation of Brewer spectrophotometers collected data,** Revista Brasileira de Geografia Física. Vol 11 (2), 2018.

SACHDEVA S. **Fitzpatrick skin typing: Applications in dermatology.** Indian J Dermatol Venereol Leprol, Vol 75, Issue 1, January-February 2009, pg: 93-96.



PROJETO 5: PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM CIÊNCIAS ESPACIAIS E ATMOSFÉRICAS

Subprojeto 5.6 - Elaboração de modelos de apontamento para radiotelescópios operando entre 22 e 720 GHz

5.6.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 5 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, e está associado ao seguinte Termo de Abertura de Projeto (TAP): “Construção e operacionalização do Latin American Millimeter/Submillimeter Array – LLAMA”, processo 01340.009423/2022-11. No Projeto Institucional, a presente proposta contempla o Objetivo Específico 18.

Para conseguir apontar para os objetos celestes, todos os telescópios precisam de um modelo de apontamento; um sistema de equações que é determinado a partir de um conjunto de dados composto de observações de fontes astronômicas brilhantes espalhadas por todo o céu e/ou acompanhadas em toda a sua trajetória. A ideia dos modelos de apontamento é que as constantes determinadas para o sistema de equações tenham algum sentido físico. A deflexão gravitacional da estrutura da antena, o desvio na direção do eixo azimutal em relação à direção do zênite astronômico, a não ortogonalidade entre os eixos de azimute e de elevação e entre o eixo do feixe da antena e o eixo de elevação (no caso de radiotelescópios) são alguns exemplos de termos que compõem um modelo de apontamento. Neste projeto, propomos realizar pesquisas em torno do desenvolvimento de modelos de apontamento para dois radio telescópios em condições bastante distintas: o Rádio Observatório Pierre Kaufmann (ROPK), instalado em Atibaia (São Paulo) e o Large Latin American Mm/sub-mm Array (LLAMA), atualmente em construção na província de Salta (Argentina).

O ROPK passou recentemente por um processo de modernização de seus motores, sendo necessário agora desenvolver modelos de apontamento para reiniciar as operações de ciência, inicialmente em 43 GHz. São necessárias observações de rádio fontes pontuais intensas durante todo o seu percurso no céu, realizando rastreios tanto em azimute quanto em elevação. No processamento dos dados, estima-se o desvio entre o pico da gaussiana e a posição central do rastreio para cada uma das fontes observadas, incluindo em dias distintos. Nestes desvios são ajustados pelo método de mínimos quadrados os modelos de apontamento.

No caso do radiotelescópio LLAMA, ele irá operar em comprimentos de onda nos quais há poucas fontes pontuais e intensas (> 1 Jy) no céu (os primeiros receptores vão operar entre 160 e 720 GHz). Além disso, num primeiro momento após a montagem da antena os receptores rádio não estarão disponíveis. A metodologia para contornar a limitação de fontes apropriadas é fixar um telescópio óptico à montagem da antena (Mangum et al. 2006). Assim, o Sistema do Telescópio Óptico do LLAMA (OPTS) permitirá verificar se a antena oferece a precisão de apontamento requerida (< 2 segundos de arco) através da observação de estrelas brilhantes em todo o céu durante as primeiras horas da noite.



O subsistema é composto por um telescópio refrator, sistema de focalização e CCD, acondicionados em uma proteção mecânica, cuja interface com a antena precisa assegurar o paralelismo com o eixo vertical da mesma. O OPTS, que precisa ser operado remotamente, possuirá uma série de sensores (por exemplo, para controle de abertura da tampa e de temperatura) e um sistema de aquecimento para contornar o eventual acúmulo de neve. A integração dos sistemas mecânico, óptico e elétrico e seu controle remoto por software estão sendo realizados na DIAST neste momento. O OPTS é o primeiro subsistema a ser instalado e utilizado no radiotelescópio, cuja montagem está prevista para ser finalizada em setembro de 2024.

Durante cada noite de observação, imagens de centenas de estrelas espalhadas por todo o céu deverão ser obtidas. Tendo as diferenças entre as posições de catálogo e as posições nas quais as estrelas foram efetivamente encontradas com o modelo de apontamento em vigor da antena, um novo modelo é calculado, utilizando o software TPOINT (Wallace 1996). Na fase de aceitação do radiotelescópio, o objetivo é ir refinando o modelo de apontamento, utilizando quantas noites de observação forem necessárias. O modelo de apontamento elaborado através das observações ópticas será a base para o início do apontamento rádio. O próximo passo no OPTS é desenvolver códigos e procedimentos para realizar a astrometria das imagens obtidas e calcular a diferença entre a posição das estrelas brilhantes e o centro dos campos. Estes dados constituirão o arquivo de entrada para o TPOINT.

Neste contexto, o presente projeto tem como objetivo inserir na equipe da DIAST um bolsista PCI durante 2024 para colaborar com o desenvolvimento de modelos de apontamento para o ROPK e no LLAMA.

5. 6.2 - Objetivo Geral

O objetivo geral deste projeto é aumentar a capacitação institucional em técnicas para elaboração de modelos de apontamento para radiotelescópios operando em distintas faixas de frequência. Em particular, a pesquisa estará centrada no Radio Observatório Pierre Kaufmann (ROPK, 43 GHz) e no apontamento óptico do LLAMA (que operará entre 163 a 720 GHz, considerando os receptores disponíveis para a primeira luz).

Objetivo específico 1: Colaborar na obtenção de um novo modelo de apontamento para o ROPK, tendo em vista a recente modernização dos motores da antena.

Objetivo específico 2: Desenvolver procedimentos de extração dos dados necessários para construir o arquivo de entrada do TPOINT para a elaboração de



modelo de apontamento, com base no sistema de apontamento óptico do Observatório LLAMA (OPTS).

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	Qtde
5.6.1	Profissional com 7 (sete) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior Física, Astronomia, Ciências da Computação ou áreas afins; ou com título de doutor; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 4 (quatro) anos	Astronomia, Física, Ciência da Computação	1, 2	DB	6	1

5. 6.4 - Atividades de Execução

Listamos abaixo as atividades a serem realizadas.

Atividades	OE	Indicadores	Metas - 2024	
			1o trimestre	2o trimestre
Estudar a literatura sobre elaboração de modelos de apontamento para diferentes telescópios.	1, 2	Relatório	Relatório com descrição da literatura recente	
Realizar observações no ROPK de fontes brilhantes e pontuais em 43 GHz, durante todo o seu percurso no céu.	1	Dados observacionais em quantidade suficiente para ajuste de modelos de apontamento.	Planilha de observações realizadas	Planilha de observações realizadas



Processar as observações do ROPK a fim de calcular o desvio do centro da gaussiana em relação à posição central	1	Conjunto de informações extraídas das observações para ajuste de modelos de apontamento.	Planilha de dados extraídos das observações	Planilha de dados extraídos das observações
Elaboração de códigos e procedimentos para redução astrométrica das imagens obtidas através do OPTS.	2	Códigos e procedimentos desenvolvidos	Nota técnica com descrição dos códigos e procedimentos	
Elaboração de códigos e procedimentos para construir o arquivo de entrada para o TPOINT.	2	Códigos e procedimentos desenvolvidos		Nota técnica com descrição dos códigos e procedimentos
Realização de ajustes de dados pelo método de mínimos quadrados e com a plataforma TPOINT para elaboração de modelos de apontamento.	1, 2	Modelos de apontamento elaborados		Relatório com descrição de procedimentos e resultados.

5. 6.5 – Cronograma de Atividades

Listamos abaixo as atividades a serem realizadas.

Atividades	2024		
	Bimestres		
	Julho-agosto	Setembro-outubro	Novembro-dezembro
1 - Estudar a literatura sobre elaboração de modelos de apontamento para diferentes telescópios.	x		
2 - Realizar observações no ROPK de fontes brilhantes e pontuais em 43 GHz, durante todo o seu percurso no céu.	x	x	
3 - Processar as observações do ROPK a fim de calcular o desvio do centro da gaussiana em relação à posição central	x	x	x



4 – Elaboração de códigos e procedimentos para redução astrométrica das imagens obtidas através do OPTS.	x		
5 – Elaboração de códigos e procedimentos para construir o arquivo de entrada para o TPOINT.	x	x	
6 – Realização de ajustes de dados pelo método de mínimos quadrados e com a plataforma TPOINT para elaboração de modelos de apontamento.		x	x

5. 6.6 – Produtos

Listamos abaixo os produtos.

Produtos	O E	Indicadores	Metas - 2024		
			Julho-agosto	Setembro-outubro	Novembro-dezembro
Observações no ROPK para cálculo de modelo de apontamento	1	Observações realizadas		Observações em quantidade adequada para primeiros ajustes	
Desvios extraídos das observações	1	Arquivo de dados pronto para ajustes			Dados em quantidade adequada para elaboração de modelo de apontamento
Código para redução astrométrica das imagens obtidas com o OPTS	2	Código funcional e documentado	Demonstração dos procedimentos com imagens obtidas em outros telescópios	Nota técnica elaborada.	
Procedimentos para construção do arquivo de entrada do TPOINT	2	Procedimento funcional e documentado		Demonstração dos procedimentos com imagens obtidas em outros telescópios	Nota técnica elaborada.
Propostas de modelos de apontamento.	1, 2	Modelos de apontamento elaborados.			Relatório com descrição de procedimentos e resultados.



5. 6.7 – Resultados Esperados

Listamos abaixo os resultados esperados.

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas - 2024		
			Julho-agosto	Setembro-outubro	Novembro-dezembro
Modelo de apontamento para o ROPK operacional em 43 GHz	1	Resultados e diagnósticos apresentados na forma de um relatório.	Literatura investigada. Observações realizadas.	Observações realizadas. Dados processados.	Relatório de desempenho produzidos.
Procedimentos e códigos para o processamento das observações realizadas com o OPTS elaborados	2	Resultados e diagnósticos apresentados na forma de relatório	Redução astrométrica funcional	Procedimentos para construção do arquivo de entrada elaborados.	Relatório de desempenho produzidos
Aumento do número de publicações científica para o cumprimento da Meta anual estabelecida para a CGCE	1, 2	percentual do Nº de publicações em relação ao total anual estabelecido para a CGCE			Notas técnicas elaboradas.
Contribuição para o desenvolvimento de projetos de instrumentação científica em plataformas espaciais e no solo em Ciências Espaciais	1, 2	No. de desenvolvimentos de projetos instrumentais			1

5. 6.8 - Recursos Solicitados

Custeio: Não se aplica

Bolsa:

PCI	Categoria/Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	B	4.160,00	6	1	24.960,00

5. 6.9 - Equipe do Projeto

- Tânia Pereira Dominici;
- Jorge Fernando Valle da Silva.

5. 6.10 - Referências Bibliográficas

- Mangum, J.G., Baars, J.W.M., Greve, A., Lucas, R., Snel, R.C., Wallace, P. & Holdaway, M., 2006, PASP, 118, p. 1257-1301 12
- Wallace, P.T., TPOINT - A Telescope Pointing Analysis System, 1996, Tpoint Software, version 5.2-1, for UNIX



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

Subprojeto 6.1 - Subsistema de Controle do Environmental Data Collector (EDC) para Satélites de Pequeno Porte

6.1.1 – Introdução

A Divisão de Pequenos Satélites (DIPST) do INPE realiza atividades para a implementação de satélites de pequeno porte, educacionais e científicos e possui um ambiente multidisciplinar equipado para o desenvolvimento, integração e testes de satélites miniaturizados de baixo custo dos tipos pico e nano, assim como de seus sistemas de recepção, comando e controle terrenos.

As atividades da DIPST estão alinhadas com os seguintes **Objetivos Estratégicos do INPE**: **[OE-10]** - Fortalecer a capacidade e manter o protagonismo do INPE na concepção e execução de missões espaciais e **[OE-11]** - Fortalecer a capacidade e manter o protagonismo do INPE em pesquisa, desenvolvimento, identificação e provimento de tecnologias espaciais habilitadoras para o Programa Espacial Brasileiro.

O INPE, a AEB e a Universidade de Santa Catarina (UFSC) assinaram um Acordo de Cooperação Técnica (ACT) para o desenvolvimento do nanossatélite GOLDS-UFSC, que tem como objetivo validar em órbita uma plataforma 2U padrão cubesat (classe 2kg) a ser desenvolvida pela UFSC e a tecnologia EDC (Environmental Data Collector desenvolvida pelo INPE).

O Environmental Data Collector (EDC) é uma carga útil desenvolvida pelo INPE que permite receber, processar e retransmitir sinais de Plataforma de Coleta de Dados PCDs ambientais do Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais (SBCDA).

Este projeto está alinhado ao plano diretor do INPE, especificamente na Meta M-11.4: Lançar oito (8) cargas úteis científicas, tecnológicas e de observação da Terra em missões realizadas por nanossatélites (classe 1 kg a 10 kg) e microssatélites (classe 10 kg a 100 kg).

De forma, para auxiliar a qualificação da carga útil EDC, além dos testes de vibração e termo-vácuo, de modo a aumentar a confiança em seu funcionamento quando submetido a fatores extremos de temperatura, pressão e radiação que serão experimentados quando em órbita, propõe-se realizar o lançamento da carga útil EDC embarcada num balão estratosférico. O lançamento de cargas úteis através de balão estratosférico é uma alternativa viável e de baixo custo como etapa para o desenvolvimento e testes de protótipos de sistemas espaciais que poderão ser enviados ao espaço.

No contexto da DIPST, uma das atividades é o desenvolvimento tecnológico de plataforma multimissão para experimentos científicos, tecnológicos e educacionais atendendo os requisitos gerais de pequenos satélites, conforme **Termo de Abertura de Projeto, processo SEI 01340.005963/2021-44**.



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

6.1.2 - Objetivo Geral

O objetivo geral do projeto é o desenvolvimento de um **Subsistema de Controle do Environmental Data Collector (SC_EDC) para Satélites de Pequeno Porte** para permitir a validação e a análise de soluções para interfaces solo-bordo e experimentos tecnológicos através do lançamento de balões estratosféricos que atingem cerca de 30km de altura e disponibilizar uma plataforma para projetos satélites de pequeno porte e experimentos tecnológicos.

O INPE dispõe de um projeto de uma plataforma para lançamento de cargas úteis através de balão estratosférico. Este projeto inclui a fabricação de estações terrenas de baixo custo para telemetria e telecomando. Dessa forma, pretende-se realizar dois lançamentos do EDC através de balão estratosférico, sendo um deles realizado a partir de São José dos Campos/SP e outro de Natal/RN

Nesta fase do desenvolvimento o objetivo é a elaboração de um modelo de engenharia. Este modelo de engenharia é composto pelas interfaces de entrada e de saída; o módulo de controle, o módulo de Rádio Frequência. A elaboração deste modelo de engenharia deve utilizar o método de implementação de hardware programável em microcontroladores [4], a elaboração da lógica de controle, elaboração de módulos de software de controle em plataforma C/C++ e/ou Java e/ou Python [5] e atender os requisitos associados aos protocolos de comunicação solo-bordo. [3], [6].

Objetivo Específico 1:

Desenvolvimento do software de controle para o Subsistema de Controle do Environmental Data Collector (SC_EDC) para testes e avaliação de soluções de interfaces solo-bordo através do lançamento de balões estratosférico.

Para atingir o OE1 serão realizadas as seguintes atividades:

1. Revisar, testar e validar o modelo de engenharia do SC_EDC;
2. Desenvolver o software controle do SC_EDC;
3. Integrar o subsistema SC_EDC ao sistema de sistema de voo (balão estratosférico);
4. Redigir a documentação do projeto de engenharia, processos e testes.

Objetivo Específico 2:

Desenvolvimento do software de supervisão para o Subsistema de Controle do Environmental Data Collector (SC_EDC) para validação do comunicação solo-bordo.

Para atingir o OE2 serão realizadas as seguintes atividades:

1. Desenvolver o software de supervisão do SC_EDC;
2. Validar o software de supervisão do SC_EDC;
3. Integrar o subsistema SC_EDC ao sistema de controle na estação terrena;



4. Redigir a documentação do projeto de engenharia de software, processos e testes.

6.1.3 - Insumos

6.1.3.1 – Custeio

Finalidade	Item de Custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)
Visita Técnica	Diárias	0,00
Visita Técnica	Passagens	0,00

6.1.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria /nível	Meses	Qtde
6.1.1	Profissional com diploma de nível superior em Ciências da Computação, Engenharia da Computação, Tecnologia da Informação ou áreas afins e com experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação	Desenvolvimento de software para as plataformas Arduino e Raspberry Pi nas linguagens C e Python. Experiência em gerenciamento de banco de dados, protocolo de comunicação MQTT e frameworks para interfaces gráficas.	2	DD	6	1*

* - Em havendo disponibilidade de novas bolsas para o subprojeto, os candidatos subsequentes da lista de classificação poderão ser chamados.

6.1.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas para 2024				
			J	A	S	O	N
1. Desenvolver o software de supervisão do SC_EDC	2	Nº de relatórios Técnicos. Valor executado de bolsas para a fase.	Desenvolver o software de supervisão				
2. Validar o software de supervisão do SC_EDC	2	Nº de relatórios Técnicos. Valor executado de bolsas para a fase. Módulos de software validados. Nº de artigos	Validar o software de supervisão				
3. Integrar o subsistema SC_EDC ao sistema de controle estação	2	Nº de relatórios Técnicos. Valor executado de bolsas para a	Integrar o subsistema SC_EDC				



terrena.		fase.					
4. Preparar relatórios de processos e validação.	2	Nº de relatórios Técnicos. Valor executado de bolsas para a fase.					Redigir a documentação

6.1.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Meses de 2024					
	J	A	S	O	N	D
1. Desenvolver o software de supervisão do SC_EDC						
2. Validar o software de supervisão do SC_EDC						
3. Integrar o subsistema SC_EDC ao sistema de controle na estação terrena.						
4. Preparar relatórios de processos e validação.						

6.1.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas (%)					
			J	A	S	O	N	D
Software de supervisão do SC_EDC	2	Nº de relatórios Técnicos. Valor executado de bolsas para a fase. Nº de artigos	50	50				
Validação do software de supervisão do SC_EDC.	2	Nº de relatórios Técnicos. Valor executado de bolsas para a fase. Módulos de software validados. Nº de artigos			50	50		
Integração do subsistema de SC_EDC ao controle na estação terrena.	2	Nº de relatórios Técnicos. Valor executado de bolsas para a fase.				50	50	
Relatórios de processos e validação.	2	Nº de relatórios Técnicos. Valor executado de bolsas para a fase.			25	25	25	25

6.1.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas (%)					
			J	A	S	O	N	D
1- Capacitação Tecnológica.	2	Software de supervisão.	25	25	25	25		



2- Independência Tecnológica.	2	Domínio do ciclo de projeto do software da SC_EDC.		25	25	25	25	
3- Produção Intelectual	2	Número de artigos aceitos: 1. Relatórios Técnicos realizados: 1			25	25	25	25

6.1.8 - Recursos Solicitados

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

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00			
	C	3.380,00			
	D	2.860,00	6	1	17.160,00
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					17.160,00

6.1.9 - Equipe do Projeto

Dr. Walter Abrahão dos Santos
 Me. Marcus Vinicius Cisotto - Supervisor
 Me. Auro Tikami
 Me. Antonio Cassiano Julio Filho

6.1.10 - Referências Bibliográficas

[1] TIKAMI, A. Uma metodologia para re-engenharia de sistemas espaciais aplicada a um picosatélite. 2016. 395 p. IBI: <8JMKD3MGP3W34P/3LMMJCH>. (sid.inpe.br/mtc-m21b/2016/05.16.17.22-TDI). Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2016. Disponível em: <http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3LMMJCH>.

[2] RODRIGUEZ, J. E. O. Processo de referência para o desenvolvimento da arquitetura de uma estação terrena para pico e nanosatélites. 2016. 235 p. IBI: <8JMKD3MGP3W34P/3LDAGLL>. (sid.inpe.br/mtc-m21b/2016/03.25.23.54-TDI). Dissertação



(Mestrado em Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2016. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3LDAGLL>>.

[3] INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Ground segment communication protocol. São José dos Campos, 1993. (INPE-AEIF-0004)

[4] The Raspberry Pi Foundation is a UK-based charity that works to put the power of computing and digital making into the hands of people all over the world. Disponível em <<https://www.raspberrypi.org/about/>>. Acesso em 06 dec. 2019

[5] Curso Raspberry Pi – #14 – Python Básico, GPIO Disponível em <<https://www.raspberrypi.org/about/>>. Acesso em 06 dec. 2019

[6] Julio Filho, A. C., "An Architecture for Dynamic Management of the Space Link Extension Protocol Services". 213 p. Dissertation (Master's degree in Space Systems Engineering and Management) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, São Paulo, Brazil, 2015. URL:<<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3HP2P7P>> (accessed December 2019).



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

Subprojeto 6.2 - Desenvolvimento e projeto de um propulsor monopropelente à hidrazina com empuxo de 1N para aplicação em propulsores de CubeSat

6.2.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 6 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 444327/2018-5, 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.

6.2.2 - Objetivo Geral

Ter um projeto de propulsor monopropelente à hidrazina com empuxo de 1N para aplicação em sistemas propulsivos de CubeSat. Preparar um profissional na área de projeto dos sistemas propulsivos para pequenos e nano 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) Realizar projeto do propulsor monopropelente à hidrazina com empuxo de 1N:

- a). Avaliar processos termodinâmicos de decomposição da hidrazina na câmara catalítica do propulsor;
- b). Projetar a câmara catalítica;
- c). Projetar perfil aerodinâmico da tubeira;
- d). Projetar placa de injeção do propelente;

OE2) Elaborar desenhos técnicos para futura fabricação e testes do propulsor e seus componentes.

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 Mecânica, Aeronáutica, Física ou nas áreas afins com interesse em trabalhar com projetos de subsistemas propulsivos

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria /nível	Meses	Qtde
6.2.1	Profissional com 10 (dez) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior em Engenharia Mecânica, Física ou áreas afins; ou com título de doutor há, no mínimo, 2 (dois) anos; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 6 (seis) anos	Aeroespacial	OE1 OE2	DA	6	1

6.2.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
1. Avaliação dos processos termodinâmicos de decomposição da hidrazina na câmara catalítica do propulsor; 2. Projeto da câmara catalítica; 3. Projetar perfil aerodinâmico da tubeira 4. Projetar placa de injeção do propelente; 5. Elaboração dos desenhos técnicos para futura fabricação e testes do propulsor e seus componentes.	1,2	Relatórios Técnicos Modelo CAD, Desenhos mecânicos	1. Projeto teórico do propulsor à hidrazina de 1N. 2. Desenhos técnicos para futura fabricação e testes do propulsor e seus componentes.

6.2.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	2024				
	07/2024	08-09/2024	10/2024	11/2024	12/2024
1					
2					
3					
4					
5					

6.2.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas 2024
Projeto do propulsor	1,2	Documentação de projeto	



6.2.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Projeto do propulsor	1,2,	Desenhos técnicos	

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	6	1	31.200,00
	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\$)					31.200,00

6.2.9 - Equipe do Projeto

Dr. Roman Ivanovitch Savonov – DIMEC/CGCE/INPE



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

Subprojeto 6.3: Caracterização de Transmissor de Dados para Satélite de Observação da Terra

6.3.1 – Introdução

Os Satélites de Exploração da Terra (EESS) são responsáveis pela aquisição de um grande volume de informações sobre a Terra e seus fenômenos naturais, que ajudam no entendimento da dinâmica da nossa atmosfera, sua interação com os oceanos e continentes. Por esses motivos são essenciais para geração de previsões de tempo confiáveis, monitoramento e mapeamento de regiões e prevenção de desastres naturais. Um satélite EESS geralmente é dividido em duas partes, uma denominada módulo de serviço – constituída por equipamentos de suporte como: suprimento de energia, controle de atitude, transponder de rastreamento, telemetria e telecomando – e a outra parte chamada módulo de carga útil – constituída por equipamentos embarcados para aquisição de dados (sensores) e transmissão de dados (TX).

Os transmissores (TX) operam com altas taxas de dados e em frequências nas bandas X e K e por este fato são mais complexos.

O projeto tem, portanto, como objetivo dotar o Brasil de tecnologias estratégicas, essenciais para um programa espacial autônomo. Por este motivo, é necessário que o INPE invista no desenvolvimento técnico de programas de novas tecnologias e arquiteturas de transmissores de altas taxas em banda X.

O plano proposto pretende, além de desenvolver recursos humanos com as competências essenciais apresentadas no Plano Diretor 2022-2026 do INPE, a atuação do bolsista no desenvolvimento de satélite, em linha com os objetivos estratégicos e metas abaixo apresentadas:

OE-10: Fortalecer a capacidade e manter o protagonismo do INPE na concepção e execução de missões espaciais.

M-10.5: Lançar o satélite Amazonia 1B / missão Aquae, fazendo uso dos equipamentos reserva do Amazonia 1.

OE-11: Fortalecer a capacidade e manter o protagonismo do INPE em pesquisa, desenvolvimento, identificação e provimento de tecnologias espaciais habilitadoras para o Programa Espacial Brasileiro.

Além disso, o trabalho está no escopo do TAP SEI: 01340.003268/2021-48 e condizente com o **Programa de Capacitação Institucional - PCI 2019 – 2023 - Objetivo Específico 3: Desenvolvimento de subsistemas para Suprimento de energia, Telecomunicações, Propulsão e Controle para satélites. (Módulo de Serviço e Carga Útil)**. Os sistemas de telecomunicações e telemetrias são parte essencial na comunicação com o satélite e com as cargas úteis e controle/supervisão de bordo, incluindo o projeto, desenvolvimento e testes de antenas, sistemas de micro-ondas, sistemas de comunicação analógica e digital.

6.3.2 - Objetivo Geral



O objetivo geral do projeto é desenvolver um estudo para caracterização de transmissor de altas taxas de dados modulado direto em banda X.

Objetivo Específico 1 (OE1):

Caracterização de transmissor de dados com aplicação em satélites de sensoriamento remoto e dispositivos de RF / Micro-ondas – com foco no desenvolvimento de circuitos para geração de portadora, modulação e amplificação.

Descrição:

No projeto de um transmissor de altas taxas de dados devem-se considerar três parâmetros: eficiência em frequência, eficiência em potência e complexidade tecnológica. Isto resultará na definição de alguns requisitos, como frequência de operação, tipo de modulação, potência etc. Após esta definição, poderá ser proposta uma arquitetura de transmissor, o que irá requerer conhecimento dos dispositivos de RF / Micro-ondas e os elementos considerados no enlace de comunicações entre satélite e estação terrena.

6.3.3 - Insumos

6.3.3.1 - Custeio

Finalidade	Item de Custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)
Visita Técnica / reuniões nacionais	NA	NA
Visita Técnica / reuniões nacionais	NA	NA

6.3.1.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/ nível	Meses	Qtde
6.3.1	Profissional com 5 (cinco) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior em Engenharia Elétrica/ Eletrônica/ Telecomunicações ou áreas afins ou com grau de mestre	Experiência projetos eletrônicos	1	D-C	6	1



6.3.4 - Atividades de Execução e Cronograma

Principais atividades do Bolsista:

1. Familiarização com os requisitos de missão, de arquitetura de telecomunicações, de especificações/interface de equipamentos de telecomunicações e de testes de satélite, através de estudos e análises da documentação aplicável ao satélite e seus subsistemas. Executar ou acompanhar os testes de acordo com plano e procedimento de testes de subsistemas de comunicações de satélite. Caracterização e desenvolvimento de dispositivos de RF e Micro-ondas usados em transmissão de dados embarcados em satélites.
2. Atividade de registro de satélites desenvolvidos pelo INPE em órgãos de controle, exemplo ANATEL e ITU. Atividades de gerenciamento do espectro eletromagnético dos serviços científicos.

6.3.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	2024		
	Bimestres		
	Julho-agosto	Setembro-outubro	Novembro-dezembro
Familiarização com os requisitos de missão, de arquitetura de telecomunicações, de especificações/interface de equipamentos de telecomunicações e de testes de satélite	X		
Executar ou acompanhar os testes de acordo com plano e procedimento de testes de subsistemas de comunicações de satélite.		X	
Caracterização e desenvolvimento de dispositivos de RF e Micro-ondas usados em transmissão de dados embarcados em satélites.			X
Atividade de registro de satélites desenvolvidos pelo INPE em órgãos de controle	X	X	X

6.3.6 – Produtos

Produtos	O E	Indicadores	Metas - 2024		
			Julho-agosto	Setembro-outubro	Novembro-dezembro
Transmissor de Dados caracterizado	1	Relatório Técnico	30%	30%	40%
Encaminhamento de registro de satélites	1	Relatório Técnico	30%	30%	40%

6.3.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Meses					
			1	2	3	4	5	6



1-Capacitação tecnológica	1	Documento de projetos	10%	10%	20%	20%	20%	20%
2-Independência tecnológica	1	Relatórios publicados			25%	25%	25%	25%
3-Produção intelectual	1	Relatórios publicados	10%	10%	20%	20%	20%	20%

6.3.8 - Recursos Solicitados

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

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00			
	C	3.380,00	6	1	20.280,00
	D	2.860,00			
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					20.280,00

6.3.9 - Equipe do Projeto

Carlos Gonçalves
 Luciano Barros Cardoso da Silva
 Jognes Panasiewicz
 Rodolfo Araújo
 Sergio Scocato

6.3.10 - Referências Bibliográficas

[1] David Pozar – Microwave Engineering – Wiley 4ª ed.



PROJETO 8: DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIAS E PROJETOS PARA MONTAGEM, INTEGRAÇÃO E TESTES DE SATÉLITES

Subprojeto 8.1: Especificação do Sistema de Software e das Plataformas de Desenvolvimento para o Sistema de Aquisição de Dados Usando IoT e Soc

8.1.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 08 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2021-2, 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 entre 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 $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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.

8.1.2 - 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;

8.1.3 - Insumos

8.1.3.1 – 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\$)

8.1.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/ nível	Meses	Qtde
8.1.1	Profissional com diploma de nível superior em Engenharia da Computação, Engenharia Mecatrônica 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, 5, 6	D-D	6	1*

8.1.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas (meses)							
			1º	2º	3º	4º	5º	6º		



Familiarização em ensaios vácuo-térmicos na aquisição de dados	1	Treinamento realizado	X	X	X	X	X	X
Estudos do protocolo de programação remota (SCPI) dos equipamentos de aquisição existentes	5	Estudo do Protocolo realizado		X	X			
Implementar protótipos de configuração/aquisição e visualização com os equipamentos existentes	6	Implementação de protótipos com documentação				X	X	X
Realizar reuniões de monitoramento	1, 5, 6	Reuniões realizadas	X	X	X	X	X	X

8.1.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Meses					
	1°	2°	3°	4°	5°	6°
Familiarização em ensaios vácuo-térmicos na aquisição de dados	X	X	X	X	X	X
Realizar reuniões de monitoramento	X	X	X	X	X	X
Estudos do protocolo de programação remota (SCPI) dos equipamentos de aquisição existentes	X	X	X	X		
Implementar protótipos de configuração/aquisição e visualização com os equipamentos existentes			X	X	X	X

8.1.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas (meses)					
			1°	2°	3°	4°	5°	6°



Descritivo da interface (SCPI), descrevendo comandos e funcionalidades básicas do equipamento existente	5	Número de documentos			50 %	100%		
Protótipos com documentação descritiva da principais funcionalidades necessárias para configuração/ aquisição dos equipamentos atuais e visualização dos dados	6	Número de relatórios				25%	50%	100%

8.1.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas (meses)					
			1°	2°	3°	4°	5°	6°
Estudo do protocolo de programação remota SCPI	5	Relatório técnico				X		
Biblioteca com protótipos com documentação	6	Relatório técnico						X

8.1.8 - 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	
Passagens	
Total (R\$)	



Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantida de	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00			
	C	3.380,00			
	D	2.860,00	6	1*	17.160,00
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					17.160,00

8.1.9 - Equipe do Projeto

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

8.1.10 - 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 8.2: Projeto, construção e caracterização de antena com alta diretividade para uso na caracterização de materiais aplicados a radomes

8.2.1-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.

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 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.

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 diretividade 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 produção, síntese e seleção de materiais visando atender aos requisitos do projeto, tanto de transparência eletromagnética quanto aos requisitos mecânicos. Em paralelo a cada etapa de seleção dos materiais, a caracterização eletromagnética nas bandas X, Ku, K e Ka, será realizada. Posteriormente teremos o processo de usinagem dos materiais com a obtenção da lente para cada banda avaliada e a obtenção do 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.

8.2.2-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 à 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.



Objetivo Específico (OE)

OE1: Seleção de materiais;

OE2: Caracterização morfológica e estrutural dos materiais do OE1;

OE3: Produção, síntese e caracterização eletromagnética dos materiais aplicados a produção de lentes definidos no OE2;

OE4: Usinagem das lentes.

8.2.3-Insumos

8.2.3.1-Custeio

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

8.2.3.2- Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria /nível	Meses	Qtde
8.2.1	Profissional com 10 (dez) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior em Engenharia Elétrica, Engenharia de Computação, Física, Química, Engenharia Eletrônica, Telecomunicações ou áreas afins; 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, Engenharia e afins;	1	D-A	6	1*

8.2.4-Atividades de Execução

Atividades	Objetivo	Indicadores	Metas
------------	----------	-------------	-------



	Específico		2024
#1 – Seleção de materiais	1	Materiais selecionados e catalogados.	X
#2 – Caracterização morfológica e estrutural dos materiais	2	Caracterizações concluídas e analisadas	X
#3 – Produção das amostras e caracterização eletromagnética	3	Obtenção dos parâmetros S	X
#4 – Usinagem da lente	4	Lente a ser testada	X

8.2.5-Cronograma de Atividades

Atividades	2024			
	T1	T2	T3	T4
#1 – Seleção de materiais			X	X
#2 – Caracterização morfológica e estrutural dos materiais			X	X
#3 – Produção das amostras e caracterização eletromagnética				X
#4 – Usinagem da lente				X

8.2.6-Produtos

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	2024			
			T1	T2	T3	T4
Produto 1 – Seleção e caracterização de materiais	1	Materiais			X	X
Produto 2 – Caracterizações eletromagnéticas	3	Obtenção dos parâmetros S			X	X
Produto 3 – Usinagem da lente	4	Lente				X

8.2.7-Resultados Esperados

Resultados	Objetivo	Indicadores	Metas
-------------------	-----------------	--------------------	--------------



	Específico		2024
#1 – Seleção dos materiais	1	Materiais candidatos à produção de lentes.	X
#2 – Caracterização eletromagnética	3	Obtenção da permissividade elétrica e permeabilidade magnética dos materiais	X
#3 – Usinagem da lente	4	Lente	X

8.2.8-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	6	1	31.200,00
	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\$)					31.200,00

8.2.9-Equipe do Projeto

Bolsista PCI-DA;
 Eng. Guilherme Nader Kawassaki;
 Dr. Maurício Ribeiro Baldan;



Msc. Lucas dos Reis Raimundi

8.2.10-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 9: CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS

Subprojeto 9.1: Desenvolvimento e implementação de infraestrutura web

9.1.1 – Introdução

Atualização e evolução da infraestrutura computacional da Coordenação de Infraestrutura de Dados e Supercomputação – COIDS, que fornece suporte às atividades de aquisição, armazenamento, processamento, disseminação de dados e imagens de satélites de sensoriamento remoto da superfície, sensoriamento remoto da atmosfera e de monitoramento de tempo e clima.

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 01340.003547/2021-10.

Na era digital de hoje, os dados são uma ferramenta essencial para o progresso científico, necessário para o desenvolvimento tecnológico e progresso econômico sustentável do país. Plataformas digitais podem ser definidas como um conjunto de recursos digitais - incluindo serviços e conteúdo - que permitem interações de agregação de valor entre produtores e consumidores de dados.

Este projeto contempla o desenvolvimento e a implantação de softwares com intuito da geração de produtos para a plataforma digital BIG e a atualização da infraestrutura de tecnologia da informação (TI) para suportar a prova de conceito dessa plataforma.

A Base de Informações Georreferenciadas (BIG) é uma plataforma computacional de alto desempenho para gerenciamento, integração, processamento e disponibilização de dados geoespaciais, bem como para apoiar o desenvolvimento e criação conjunta de novas aplicações e produtos sobre o sistema terrestre.

9.1.2 - Objetivo Geral

O Objetivo Geral deste projeto é aumentar a capacitação institucional em desenvolvimento de software e infraestrutura computacional na área de Supercomputação do INPE e, com isso, suportar a geração e divulgação de conhecimento científico e tecnológico para a sociedade em geral. 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. Também fornece recursos computacionais que apoiam o desenvolvimento de atividades de processamento de alto desempenho e a 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:

Análise e desenvolvimento de sistemas computacionais na área de Infraestrutura Computacional e Supercomputação. Para alcançar os resultados devem ser abordados os seguintes itens:

OE1: Desenvolvimento e/ou atualização de ferramentas de manipulação, monitoramento e visualização de dados e contabilização estatística dos recursos computacionais.

OE2: Execução de processos técnicos em ambiente do datacenter da COIDS para aprimorar o fluxo de dados.

9.1.3 – Insumos

9.1.3.1 – Custeio



Não se aplica

9.1.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/ nível	Meses	Qtde
9.1.1	Profissional com 7 (sete) anos de experiência após a obtenção do diploma de nível superior em Computação ou áreas afins; ou com título de doutor; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 4 (quatro) anos.	O candidato deve possuir a seguinte experiência/conhecimento: a) Experiência nas linguagens de programação: Python, PHP e Java; b) Experiência na metodologia ágil SCRUM; c) Experiência sistema Gerenciador de Banco de Dados PostgreSQL; d) Experiência sistema Gerenciador de Banco de Dados MySQL; e) Experiência com frameworks de desenvolvimento como Django, bootstrap, React, CSS, JavaScript e JQuery; f) Experiência em desenvolvimento de código baseado em testes; g) Conhecimento no sistema de controle de versões GIT;	22	D-B	6	1

9.1.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024



<p>Desenvolvimento e/ou atualização da aplicação dashboard de manipulação, monitoramento e visualização de dados.</p> <p>Implementar na aplicação a saída de dados em formatos de relatórios gerenciais com consolidação/contabilização de dados estatísticos conforme a necessidade, além de manter a documentação sobre instalação/configuração, manual do usuário e funcionamento do sistema.</p>	OE1	<p>Implantação de melhoria de processo, aplicação de novas tecnologias e entrega de documentação.</p>	<p>Processo de fluxo de dados atualizado para a aplicação, atendendo aos ambientes computacionais e sistema de armazenamento.</p>
	OE2		

9.1.5 – Cronogramas de Atividades

Atividades	Semestre	
	2024	
	1	2
Relacionar as demandas da aplicação em relação aos ambientes computacionais COIDS e SESUP obtidas das reuniões e responsáveis pela infraestrutura computacional.		
Analisar a codificação da aplicação para o processo de desenvolvimento e atualização, dentro do conceito de integração e entrega contínua. Importante considerar continuamente a escalabilidade do sistema.		
Implementação das atualizações na aplicação em ambiente de teste para as análises de resultado.		
Atualização dos códigos da aplicação no sistema de controle de versão.		
Elaboração/atualização dos <i>pipelines</i> da aplicação		
Elaboração/atualização de documentação		
Relatório final		

9.1.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Desenvolvimento e/ou atualização da aplicação conforme definido nas atividades de execução	OE1	Aplicação atualizada de nova versão em ambiente de produção	Implantação de melhoria de processo, aplicação de novas tecnologias conforme necessidade da aplicação.



Documentação para identificação e andamento do sistema	OE2	Documentação e pipelines contendo descrevendo os fluxos realizados na aplicação	Documentação e fluxos correspondentes com a aplicação.
--	-----	---	--

9.1.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Implantação de atualização/melhoria de processo, aplicação de novas tecnologias e entrega de documentação.	OE1, OE2	Documentação do projeto para execução e implantação.	Homologação da implantação de melhoria de processos, com aplicação de novas tecnologias e/ou atualização de ferramentas.

9.1.8 - Recursos Solicitados

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00	6	1	R\$ 24.960,00
	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\$ 24.960,00

9.1.9-Equipe do Projeto

Ivan Márcio Barbosa

Diego Mota Siqueira

9.1.10-Referências Bibliográficas

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



PROJETO 9: CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS
Subprojeto 9.2: 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

9.2.1 – 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 armazenamento de dados paralelo e de alta performance.

Este projeto contempla a instalação, configuração e implementação de cluster de processamento de alto desempenho para atender demandas de projetos de pesquisa em tempo e clima do Instituto.

Esse cluster de processamento de alto desempenho deve contemplar soluções de HPC (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>), o sistema de armazenamento de dados paralelo e de alta performance BeeGFS (<https://www.beegfs.io/c/>), as bibliotecas científicas utilizadas pelo INPE e o monitoramento da performance e da utilização do cluster HPC e a administração dos usuários e grupos.

9.2.2 - 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.

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 de cluster de processamento de alto desempenho da COIDS/CGIP/INPE. Para alcançar os resultados devem ser abordados os seguintes itens:



OE1: Estudo comparativo das soluções (OpenCATTUS, OpenHPC, Rocks Clusters etc.) de cluster de processamento de alto desempenho;

OE2: Instalação, configuração e implementação da solução de HPC escolhida;

OE3: Instalação, configuração e implementação da gerenciador de recursos computacionais SLURM;

OE4: Instalação, configuração e implementação do sistema de armazenamento de dados paralelo de alta performance BeeGFS.

OE5: Monitoramento e acompanhamento da utilização e performance do cluster de processamento de alto desempenho.

9.2.3 – Insumos

9.2.3.1 – Custeio

Não se aplica

9.2.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/ nível	Meses	Qtde
9.2.1	Profissional com diploma de nível superior em Ciências da Computação, Análise de Sistemas 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 e Linux	1,2,3,4,5	D-D	6	2

9.2.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Estudo comparativo das soluções (OpenCATTUS, OpenHPC, Rocks Clusters etc.) de cluster de processamento de alto desempenho	OE1	Entrega de relatório com as vantagens e desvantagens de cada solução	Aquisição de conhecimento na área de processamento de alto desempenho



Instalação, configuração e implementação da solução de HPC escolhida	OE2	Integração dos servidores, switches e instalação da solução de HPC escolhida	Instalar, configurar e implementar a solução de HPC escolhida
Instalação, configuração e implementação da gerenciador de recursos computacionais SLURM	OE3	Gerenciador de recursos computacionais SLURM instalado, configurado e implementado	Instalar, configurar e implementar o gerenciador de recursos computacionais SLURM.
Instalação, configuração e implementação do sistema de armazenamento de dados paralelo de alta performance BeeGFS	OE4	sistema de armazenamento de dados paralelo de alta performance BeeGFS instalado, configurado e implementado	Instalar, configurar e implementar o sistema de armazenamento de dados paralelo de alta performance BeeGFS
Monitoramento e acompanhamento da utilização e performance do cluster 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

9.2.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre	
	2024	
	1	2
Estudo comparativo das soluções (OpenCATTUS, OpenHPC, Rocks Clusters etc.) de cluster de processamento de alto desempenho		
Instalação, configuração e implementação da solução de HPC escolhida		
Instalação, configuração e implementação da gerenciador de recursos computacionais SLURM		
Instalação, configuração e implementação do sistema de armazenamento de dados paralelo de alta performance BeeGFS		
Monitoramento e acompanhamento da utilização e performance do cluster de processamento de alto desempenho.		



9.2.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas 2024
Relatório	OE1	Entrega de relatório com as vantagens e desvantagens de casa solução	Aquisição de conhecimento na área de processamento de alto desempenho
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
SLURM implementado e disponível para uso	OE3	Gerenciador de recursos computacionais SLURM instalado, configurado e implementado	Instalar, configurar e implementar o gerenciador de recursos computacionais SLURM
BeeGFS implementado e disponível para uso	OE4	Sistema de armazenamento de dados paralelo de alta performance BeeGFS instalado, configurado e implementado	Instalar, configurar e implementar o sistema de armazenamento de dados paralelo de alta performance BeeGFS
Cluster HPC monitorado e disponível para uso	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

9.2.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Definição da solução de cluster 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



Integração do hardware e software de processamento de alto desempenho	OE2	Integração dos servidores, switches e instalação da solução de HPC escolhida	Instalar, configurar e implementar a solução de HPC escolhida
SLURM implementado e disponível para uso	OE3	Gerenciador de recursos computacionais SLURM instalado, configurado e implementado	Instalar, configurar e implementar o gerenciador de recursos computacionais SLURM
BeeGFS implementado e disponível para uso	OE4	sistema de armazenamento de dados paralelo de alta performance BeeGFS instalado, configurado e implementado	Instalar, configurar e implementar o sistema de armazenamento de dados paralelo de alta performance BeeGFS
Cluster HPC monitorado e disponível para uso	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

9.2.8 - 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	6	2	34.320,00
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					R\$ 34.320,00

9.2.9-Equipe do Projeto

Ivan Márcio Barbosa

Diego Mota Siqueira



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

Roberto Carlos Duarte de Freitas

9.2.10-Referências Bibliográficas

[1] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Plano Diretor do INPE 2022-2026: São José dos Campos, 2022.



Projeto 9: CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS

Subprojeto 9.3 - Assimilação de dados de rádio ocultação GNSS no aprimoramento da Previsão Numérica com o MONAN

9.3.1 – Introdução

Com a implementação futura do MONAN (*Model for Ocean-laNd-Atmosphere predictionN*) (Projeto institucional INPE SEI N° 01340.005344/2021-50), a assimilação de dados de satélite deverá atingir seu máximo uso no CPTEC e todas as bases de dados disponíveis devem ser bem exploradas nessa atividade. Como o MONAN e seu sistema de assimilação de dados ainda não estão aptos a serem utilizados na pesquisa no CPTEC, o sistema de assimilação em uso, chamado de *Gridpoint Statistical Interpolation* (GSI), não apenas pode contribuir como deve ser utilizado para iniciar esse uso mais expressivo dos dados de satélites no CPTEC, antecipando problemas e desenvolvendo soluções para eles. O 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). Como esse sistema compõe o JEDI, a ser utilizado no MONAN, seu uso nessa tarefa é bastante promissor ao antecipar problemas com a assimilação de dados de satélites operacionalmente (Kleist et al. 2009). Atualmente o SMNA (Sistema de Modelagem Numérica e Assimilação), que é composto pelo GSI acoplado ao modelo *Brazilian Global Atmospheric Model* (BAM) com a coordenada vertical híbrida (Sapucci et al., 2019), é o background onde o MONAN deverá ser operacionalizado oportunamente e todo os desenvolvimentos nele realizados contribuirão para o desenvolvimento do JEDI- MONAN.

Entre os tipos de dados, os provenientes da técnica de rádio ocultação GNSS (*Global Navigation Satellite System*) é o segundo sistema em importância no impacto positivo na melhoria da qualidade das previsões de tempo em escala global, perdendo apenas para os dados de radiância (Azevedo et al. 2017). Os dados de rádio ocultação GNSS são obtidos pela técnica de observação dos sinais GNSS por receptores instalados em satélites de órbita baixa durante o período de ocultação atrás do planeta onde é capaz de gerar um perfil atmosférico em alta resolução e atingir áreas da atmosfera superior não observada por outras técnicas (Sapucci et al. 2014). A importância do uso desses dados na assimilação operacional no CPTEC-INPE se coloca como crucial se considerado os seguintes aspectos:

- Essa base observacional perfilha a atmosfera terrestre em regiões de difícil acesso e independe de estações a superfície, e portanto, podem cobrir regiões desabitadas como vastas florestas, como a região amazônicas e grandes regiões oceânicas, como as que circunvizinha a América do Sul;
- Atualmente está em operação uma constelação de satélites chamada de COSMIC-II que está dedicada a RO-GNSS e possuem órbitas equatoriais, e portanto, geram nessa região uma boa cobertura de dados onde se encontra grande parte do território nacional;
- O Brasil, através do INPE, participa da missão COSMIC-II como parceiro, com a operação de uma antena de recepção dos dados em Cuiabá e geração de produtos de RO-GNSS pelo programa EMBRACE da DICEP-CGCE. Além disso, o INPE pretende lançar um satélite com um receptor GNSS a bordo com o objetivo de gerar perfis de RO-GNSS voltados para a assimilação de dados.

Para otimizar o uso desses dados na assimilação de dados do CPTEC usando o SMNA é preciso de ferramenta de avaliação e monitoramento desse processo. Atualmente está em implementação uma ferramenta de avaliação diagnóstica baseado em Python na qual as especificidades de cada uma das bases de dados precisam ser revisitadas e ajustes são requeridos baseados na base atual de dados em uso. Os resultados desses ajustes compõem



um protocolo de avaliação que deve ser utilizado para monitorar o comportamento da assimilação desses dados em modo operacional. Esse mesmo protocolo poderá ser utilizado com uma versão inicial para os primeiros testes do uso do JEDI-MONAN no CPTEC. Outro ponto que merece destaque nessa proposta é a interação da DIMNT-CGCT com o pessoal da DICEP-CGCE, que tratam do processamento dos dados de RO-GNSS no INPE, a qual dará o suporte que essa pesquisa pode requerer para avançar apropriadamente. Assim, a intenção ao desenvolver esse projeto e investir no diagnóstico da assimilação de dados de RO-GNSS usando o SMNA e potencializar seu impacto na melhoria da qualidade das previsões, mas com foco final a assimilação desses dados usando o JEDI e conseqüentemente na melhoria das previsões geradas oportunamente com o MONAN.

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) 2018-2024, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE.

9.3.2 - Objetivo Geral

Aprimorar a assimilação de dados de rádio ocultação GNSS, diagnosticando seu impacto da qualidade das análises geradas pelo SMNA, e implementar ajustes para aprimorar o uso vislumbrando sua operacionalização futura no MONAN.

Os objetivos específicos são:

1. Aprimorar o sistema de avaliação diagnóstica da assimilação de dados de rádio ocultação GNSS usando a ferramenta ReadDiag implementada em Python.
2. Avaliação do desempenho da assimilação de rádio ocultação GNSS no sistema de assimilação de dados do CPTEC-INPE, diagnosticando deficiências e implementando ajustes para potencializar o impacto positivo desses dados no SMNA.
3. Investigar as particularidades da assimilação de dados de RO-GNSS no JEDI, vislumbrando seu uso com o MONAN baseado no “no know” adquirido com o SMNA;

9.3.3 – Insumos

9.3.3.1 – Custeio

--	--	--

9.3.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria /nível	Meses	Quant
9.3.1	Profissional com 7 (sete) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior em Meteorologia, Física, Tecnologia da Informação ou áreas afins; ou com título de doutor; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 4 (quatro) anos	Experiência em dados de satélites, desenvolvimento computacional	1-2-3	D-B	6	1

9.3.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas (2024)					
			Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1. Testar e ajustar o ReadDiag para	1	Versão do Read Diag	X					



avaliar os dados de rádio ocultação GNSS, assimiladas no GSI dentro do SMNA.		apto a avaliar dados de RO-GNSS assimiladas no GSI						
2. Aprimoramento da ferramenta diagnóstica da assimilação de RO-GNSS no ReadDiag no Python.	1	Protocolo de avaliação da radiância implementado e aprimorado		X				
3. Avaliação da assimilação de dados de RO-GNSS no sistema SMNA pré-operacional do INPE	2	Resultados com impacto da assimilação de dados de RO-GNSS evidenciado			X			
4. Investigar ajustes na assimilação de dados de RO-GNSS excluindo satélites antigos e adicionando os mais novos ainda não usados.	3	Sistema GSI com a base de dados de RO-GNSS atualizada				X		
5. Investigar as particularidades na assimilação de dados de RO-GNSS no JEDI-MONAN como nível de processamento, topo do modelo e seu impacto nas previsões.	3	Sistema JEDI com uma avaliação no processo de assimilação de RO-GNSS.					X	
6. Elaboração de relatórios e/ou artigos científicos para divulgação dos resultados obtidos na pesquisa	1-3	Relatórios e demais trabalhos técnicos e científicos						X

9.3.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Meses					
	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Atividade 1	X	X				
Atividade 2		X	X			
Atividade 3			X	X		
Atividade 4				X	X	



Atividade 5	X		X		X	
Atividade 6	X					X

9.3.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas (2024)						
			Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Diagnóstico do aprimoramento da assimilação de RO-GNSS nos resultados do BAM	1 e 2	Relatório técnico		X					X
Versão do SMNA que potencialize o impacto dos dados de RO-GNSS na qualidade das previsões	3	Versão do sistema no SVN		X				X	

9.3.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas (2024)						
			Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
1. Aprimoramento do sistema de diagnóstico da assimilação de RO-GNSS do GSI	1	Versão do EVAL no repositório SVN		X					
2. Aprimoramento do impacto dos dados de RO-GNSS do GSI	2	Relatório técnico evidenciando a melhoria		X					X
2. As particularidades da assimilação de dados de RO-GNSS no JEDI	3	Relatório técnico							X

9.3.8 - Recursos Solicitados

9.3.8.1. Custeio:

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

9.3.8.2. Bolsas:



PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00	6	1	24.960,00
	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\$)					24.960,00

9.3.9-Equipe do Projeto

Coordenador: Luiz Fernando Sapucci

Colaboradores:

José Antonio Aravéquia (DIMNT-CGCT)

Marcelo Banik (DICEP-CGCE)

Ivette Hernandes Banos (NCAR-NOAA)

9.3.10-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.
4. SAPUCCI, L.F., DINIZ, F.L.R., BASTARZ, C.F. AND AVANÇO, L.A. (2016), **Inclusion of Global Navigation Satellite System radio occultation data into Center for Weather Forecast and Climate Studies Local Ensemble Transform Kalman Filter (LETKF) using the Radio Occultation Processing Package as an observation operator.** Met. Apps, 23: 328-338. <https://doi.org/10.1002/met.1559>
5. SAPUCCI, L. F. BASTARZ, C. F.; DE MATTOS, J.G.; BANOS, I. H.; EICHHOLZ, C.; SANTOS, W; NEGRI, R.; FRASSONI, A. 2019: **Avaliação diagnóstica da evolução do SMG (versão 2.1.0).** INPE, Divisão de modelagem do Sistema Terrestre <http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34R/3TAMPU2>



Projeto 9: CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS

Subprojeto 9.4: Previsão de Tempo Estendido no Contexto da Assimilação de Dados por Conjunto

9.4.1 – 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. No contexto do projeto *Model for Ocean-laNd-Atmosphere predictioN* (MONAN), em um primeiro momento, o sistema de assimilação de dados a ser empregado, deverá ser também um sistema variacional em três dimensões, com a possibilidade de se atualizar a matriz de covariâncias estática a partir das contribuições do ensemble (3DEnVar). Nesse sentido, este projeto enquadra-se no escopo do seu desenvolvimento de forma que o sistema de assimilação de dados empregado também possa ser preparado para trabalhar com as previsões do modelo.

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) 2019-2023, número 400077/2022-1, disponível na



página do INPE e ao projeto de desenvolvimento do *Model for Ocean-IaNd-Atmosphere predictionN (MONAN)*, TAP 01340.005344/2021-50.

9.4.2 - Objetivo Geral

Habilitar e aprimorar o sistema híbrido 3D_{En}Var, utilizando a infraestrutura variacional 3D_{Var} e por conjunto do EnKF provenientes do GSI para previsões de tempo entre 7 e 15 dias.

Os objetivos específicos são:

1. Habilitação e testes do sistema GSI/3D_{En}Var utilizando a versão (pré-)operacional do GSI/3D_{Var} em escala global;
2. Verificação da aplicação do sistema GSI/3D_{En}Var nas escalas de tempo e tempo estendido.

9.4.3 - Insumos

9.4.3.1 – Custeio

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

9.4.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/ nível	Meses	Quantidade
9.4.1	Profissional com 7 (sete) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior em Meteorologia, Matemática, Física ou áreas afins; ou com título de doutor; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 4 (quatro) anos.	Experiência em modelagem e desenvolvimento computacional.	1-2	DB	6	1

9.4.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo	Indicadores	Metas



	Específico		Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1. Habilitação do GSI/3DVar para funcionar com uma matriz híbrida 3DEnVar.	1	Produção de um conjunto inicial de análises a partir do EnKF e uma análise híbrida do GSI/3DEnVar.	X	X				
2. Realização de experimento cíclico do GSI/3DEnVar com previsões para até 15 dias.	2	Ciclo de assimilação de dados do GSI/3DEnVar estabelecido e 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

9.4.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Meses					
	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Atividade 1	X	X				
Atividade 2			X	X	X	
Atividade 3			X	X	X	X

9.4.6 – Produtos



Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas					
			Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Diagnósticos 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 a tempo estendido.	2	Relatório técnico-científico.						X

9.4.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas					
			Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
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			



Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas						
			Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	
Sistema de assimilação de dados com potencial para ser utilizada na previsão de tempo a tempo estendido.	2	Versão do SMNA GSI/3DEnVar com previsões adequadas para as escalas de tempo consideradas.							X

9.4.8 - Recursos Solicitados

9.4.8.1 Custeio:

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

9.4.8.2 Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00	6	1	24.960,00
	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\$)					24.960,00

9.4.9-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

9.4.10-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 ESTUDO CLIMÁTICOS

Subprojeto 9.5: Avaliação orientada a processos do papel dos fluxos de superfície continental e oceânica sobre os padrões de precipitação na América do Sul simulados pelo MONAN

9.5.1 – Introdução

Os processos de retroalimentação entre a superfície oceânica e continental e a atmosfera são de grande importância para o sistema climático. Em algumas regiões do globo, os papéis destas duas superfícies são comparáveis. A atmosfera interage diretamente com os oceanos e a superfície por meio de fluxos de massa, momentum e energia. O armazenamento sazonal de água e energia associado tanto ao oceano quanto à superfície introduz efeitos de memória de longo prazo com prazos de dias a vários meses, impactando de maneiras distintas os padrões atmosféricos.

Os fluxos de superfície ainda estão sub-representados nos modelos numéricos. A maneira como os fluxos de superfície são parametrizados em modelos globais afeta os erros dos modelos nas regiões tropicais. Por exemplo, os erros sistemáticos observados nos fluxos de superfície dos modelos do CMIP6 não são uniformes ao longo do ciclo de vida da convecção tropical, sendo superestimados na fase da convecção madura e subestimados para a convecção rasa e de transição, levando a uma realimentação errônea entre os oceanos e a atmosfera na fase de desenvolvimento convectivo e, conseqüentemente, impactando uma série de eventos meteorológicos e climáticos.

Desde o início do desenvolvimento da previsão numérica de tempo, houve grandes avanços na compreensão dos processos atmosféricos, oceânicos e de superfície. No entanto, muitos desafios permanecem, como erros sistemáticos nos modelos numéricos. Grande parte do progresso recente realizado para aperfeiçoar a modelagem numérica é proveniente de estudos orientados a processos, com o principal objetivo de entender os mecanismos físicos relacionados ao sistema climático. Tais estudos são projetados para melhorar a compreensão dos processos físicos que ainda são insuficientemente entendidos mas que são fundamentais para a melhor caracterização do sistema climático. Estudos de processos se beneficiam de campanhas de campo que geram uma grande diversidade e quantidade de dados observacionais, e também incluem a modelagem numérica como ferramenta para representar um processo físico não bem caracterizado ou negligenciado em modelos numéricos operacionais e de pesquisa.

No cenário atual de mudança do clima, o INPE visa desenvolver novas estratégias nacionais de resposta à sociedade brasileira com soluções eficazes para reduzir os problemas associados à ocorrência de eventos de tempo, climáticos e ambientais de alto impacto por meio de um programa nacional de pesquisa, desenvolvimento e inovação apoiado pelo MCTI. A iniciativa envolve diferentes atores como academia e setores públicos, formuladores de políticas públicas e agências meteorológicas regionais, visando a transferência das pesquisas realizadas em modelagem numérica do sistema terrestre em ações para apoiar os tomadores de decisão com respeito às ações para mitigação das mudanças climáticas.

A fim de fornecer uma ampla gama de produtos de modelagem numérica mais precisos, o foco da iniciativa é o desenvolvimento de um modelo comunitário unificado do sistema terrestre - o Model for Ocean-IaNd-Atmosphere predictionN (MONAN). O MONAN produzirá previsões globais, com foco na América do Sul, com maior habilidade comparadas às atualmente oferecidas pelo INPE, para diferentes escalas espaciais e temporais.

Para desenvolver um modelo de sistema terrestre de última geração, é necessário aproveitar as novas técnicas de computação de alto desempenho, processos físicos e biogeoquímicos, um núcleo dinâmico de última geração e fazer uso da diversa gama de dados observacionais



coletados em diferentes campanhas observacionais já realizadas no Brasil. Para atingir os objetivos de desenvolvimento e implementação operacional do MONAN, estudos de avaliação de seus produtos numéricos são fundamentais. Neste projeto, propõe-se a realização de estudos orientados a processos para identificar mecanismos físicos relacionados à interface entre a atmosfera, a superfície continental e os oceanos que são importantes para a melhoria da previsão numérica de eventos meteorológicos extremos sobre a América do Sul.

A presente proposta está vinculada ao projeto TAP sob o processo SEI número 01340.005344/2021-50, cujo objetivo é “Desenvolvimento comunitário de um modelo numérico do Sistema Terrestre adaptado para as condições tropicais e sub-tropicais da América do Sul e de suas aplicações para previsão de tempo, clima e ambiente em escalas espaço-temporais relevantes para a sociedade brasileira.”

9.5.2 - Objetivo geral da proposta

Investigar o papel dos fluxos de superfície continental e sobre os oceanos na organização da convecção tropical sobre a América do Sul a partir do modelo MONAN.

O objetivo desse projeto está associado ao Objetivo Estratégico 2 do plano diretor 2019-2023 que trata de desenvolver a nova geração do sistema de modelagem numérica atmosfera-oceano-superfície. De forma mais específica, ao Objetivo Específico 1 do Programa Institucional PCI que dispõe sobre o aprimoramento da modelagem numérica global e regional do sistema integrado atmosfera, oceano, superfície continental e aerossóis/química.

Esta proposta se beneficia dos trabalhos realizados pelo Grupo de Oceanos e Criosfera do CPTEC/INPE, tendo em vista que o referido grupo é responsável pela implementação e validação da componente oceânica a ser incorporada no MONAN ao longo do ano de 2024/2025. Experimentos numéricos a serem utilizados como controle provenientes do MONAN, que contarão inicialmente com as componentes de superfície e atmosfera acopladas, serão fornecidos pelo Grupo de Avaliação de Modelos (GAM) da DIMNT, cujo papel é avaliar as diferentes versões do referido modelo ao longo de suas fases de desenvolvimento.

Objetivos Específicos

1. Desenvolver um módulo de avaliação dos fluxos de superfície e dos oceanos e dos padrões de precipitação sobre a região tropical e subtropical, incluindo oceanos, da América do Sul;
2. Incorporar o módulo desenvolvido no Sistema Comunitário de Avaliação de Modelos Numéricos de Tempo e Clima do CPTEC (SCANTEC);
3. Validar o módulo desenvolvido, realizando avaliação estatística dos resultados de rodadas do modelo MONAN disponibilizadas pelo GAM-DIMNT fazendo uso de dados de reanálise;
4. Identificar períodos de eventos meteorológicos importantes a partir de dados observacionais provenientes de experimentos de campo;
5. Aplicar testes de sensibilidade a partir de diferentes condições de umidade do solo e temperatura da superfície do mar e realizar simulações numéricas com o MONAN visando identificar feedbacks entre as componentes de superfície, oceanos e atmosfera;
6. Conduzir a análise orientada a processos das simulações realizadas no item 5, fazendo uso de análise de importantes características da convecção tropical e subtropical, como por exemplo, ciclos diurnos e distribuição espacial da precipitação.

9.5.3 - Insumos



9.5.3.1 – Custeio

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

9.5.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Qtde
9.5.1	Profissional com 10 (dez) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior em Meteorologia ou áreas afins ou com título de doutor em Meteorologia, Oceanografia Física ou áreas afins há, no mínimo, 2 (dois) anos; ou ainda, com grau de mestre em Meteorologia, Oceanografia Física ou áreas afins há, no mínimo, 6 (seis) anos	Modelagem numérica atmosférica e/ou oceânica	1 e 2	DA	6	1

9.5.4 - Atividades de Execução 2024

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

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			2024			
			Jul	Ago-Set	Oct-Nov	Dez
1 Organização do ambiente de trabalho	1	Apresentação de estudos de referências bibliográficas; organização de dados de reanálise; organização de simulações numéricas do MONAN disponíveis	X			



2	Desenvolver um módulo de avaliação dos fluxos de superfície e dos oceanos e de precipitação	1	Versão preliminar módulo de avaliação dos fluxos de superfície e dos oceanos e de precipitação	X	X		
3	Validar o módulo desenvolvido, realizando avaliação estatística dos resultados de rodadas do modelo MONAN disponibilizadas pelo GAM-DIMNT fazendo uso de dados de reanálise	1, 2 e 3	Aplicação do SCANTEC para avaliação de fluxos de superfície e oceanos		X	X	
4	Identificar períodos de eventos meteorológicos importantes a partir de dados observacionais provenientes de experimentos de campo	4	Seleção de casos de estudo			X	
5	Realizar testes de sensibilidade a partir de diferentes condições de umidade do solo e temperatura da superfície do mar e realizar simulações numéricas com o MONAN visando identificar feedbacks entre as componentes de superfície, oceanos e atmosfera;	4 e 5	Relatório técnico com a avaliação dos resultados das simulações			X	X



6	Conduzir a análise orientada a processos das simulações fazendo uso de análise de importantes características da convecção tropical e subtropical, como por exemplo, ciclos diurnos e distribuição espacial da precipitação	4, 5 e 6	Relatório técnico com a avaliação dos resultados da análise				X
----------	---	-----------------	---	--	--	--	----------

9.5.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Cronograma					
	2024					
	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Atividade 1	X					
Atividade 2	X	X				
Atividade 3			X	X		
Atividade 4				X	X	
Atividade 5					X	X
Atividade 6						X

9.5.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			2024			
			Jul	Ago-Set	Oct-Nov	Dez
Módulo de avaliação dos fluxos de superfície e dos oceanos e de precipitação implementado no SCANTEC validado	1	Relatório técnico publicado na biblioteca do INPE		X	X	
Dados de simulações realizadas com diferentes configurações e dados de condições iniciais e de fronteira do MONAN	5	Relatório técnico publicado na biblioteca do INPE e endereço onde os dados serão armazenados			X	X



Relatório técnico com a avaliação dos resultados das simulações utilizadas no projeto	4, 5 e 6	Relatório técnico publicado na biblioteca do INPE					X
---	----------	---	--	--	--	--	---

9.5.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			2024			
			Jul	Ago-Set	Oct-Nov	Dez
Disponibilização dos dados de simulações realizadas com diferentes configurações e dados de condições iniciais e de fronteira do MONAN	5	Relatório Técnico publicado na biblioteca do INPE			X	
Identificação do impacto dos testes de sensibilidade relativos às condições iniciais e de fronteira sobre os padrões de precipitação sobre a América do Sul	5 e 6	Relatório Técnico publicado na biblioteca do INPE			X	X

9.5.8 - Recursos Solicitados

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

Custeio:

Custeio	Valor (R\$)
Diárias	
Passagens	
Total (R\$) para 60 meses	

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00	6	1	31.200,00
	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\$)					31.200,00

9.5.9-Equipe do Projeto

Supervisores:

Dr. Ariane Frassoni e Dr. Marcelo Barbio Rosa

Colaboradores:

Dr. Ronald Buss de Souza

Dr. Antonio O. Manzi

Dr. Marcelo Barbio Rosa

Dra. Rosio Camayo Maita

Dr. Julio Pablo Fernandez

Dr. João Gerd Zell de Mattos

Dr. José Roberto Rozante

Dr. Diogo Arsego



Projeto 9: CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS

Subprojeto 9.6: Desenvolvimento de produtos e estudos do desempenho do MONAN em simular um conjunto de ciclogêneses para melhorar designs do modelo

9.6.1 – Introdução

Os ciclones muitas vezes são uma ameaça à sociedade geral devido a provocarem desastres naturais, quando atuam intensos em uma região vulnerável e exposta. No Brasil, mais de 87% das mortes (além dos feridos e prejuízos econômicos) provocadas por desastres naturais entre 1991 e 2012 estiveram relacionadas a eventos de inundação, enxurrada e movimentos de massa (UNDRR, 2017). O risco é diminuído ao estudar os modelos a partir de perigos como o processo de formação dos ciclones, pois gera melhores previsões do tempo, incluindo previsões de nowcasting (desde o primeiro tempo de cada rodada – 6 horas ou menos), curto e médio prazo.

Os processos de ciclogênese são fontes primárias do grande volume de precipitação em municípios com algum tipo de risco. Até mesmo no processo de formação, por envolver mecanismos de acúmulo de calor, umidade e aumento da instabilidade, podem provocar chuva intensa. Nos ciclones estão associadas áreas frontais e que juntos estão outras ameaças atmosféricas, como descargas elétricas, ventos fortes e tornados, além da precipitação extrema. No oceano, a troca de momentum entre o ar e o mar provoca agitação marítima que pode levar à ocorrência de pistas de vento e ondas com amplitude alta suficiente para causar transtornos à navegação, as operações em plataformas de petróleo e a destruição de áreas costeiras (Gramcianinov et al., 2020; Reboita, 2008; 2021).

Ciclogênese é definido como formação e intensificação da circulação ciclônica (Petterssen, 1956; Semple, 2003). Os ciclones extratropicais são tempestades de escala sinótica, que atuam principalmente nas latitudes médias, são frontais e migratórios. A baixa troposfera é influenciada por intensos gradientes térmicos em superfície e por sistemas transientes na alta troposfera que alteram a circulação atmosférica e determinam as condições do tempo sobre a América do Sul (AS) (Gan e Rao, 1991; Orlanski e Katzfey, 1991; Reboita *et al.*, 2017, 2009). Para ocorrer a ciclogênese é preciso que ocorra diminuição da pressão na superfície, que por sua vez, deve haver uma diminuição de massa na coluna de ar. Isso só é fisicamente viável se o perfil vertical de divergência apresentar maior divergência em altos níveis do que convergência em baixos níveis. Um dos principais processos de desenvolvimento de ciclones é a conversão de energia do estado básico para a perturbação (instabilidade baroclínica) e outro é o desenvolvimento corrente abaixo (Piva et al. 2010).



No processo de formação dos ciclones existe uma crista a barlavento e um cavado a sotavento da Cordilheira dos Andes (Seluchi e Saulo, 1998). Conforme o sistema em altos níveis se aproxima dos Andes, ocorre aumento da advecção de vorticidade ciclônica, que por consequência aumento da divergência. Diminui a estabilidade estática e favorece a presença de subsidência orográfica forçada a sotavento (chamado na AS de vento Zonda). Há o aumento da temperatura nos níveis médios e baixos, como consequência da compressão adiabática do ar descendente. O tempo de permanência da Depressão Termo-Orográfica do Noroeste Argentino (DNOA) influencia no processo de ciclogênese, pois influencia nas características da massa de ar presente sobre latitudes mais baixas, na advecção de ar quente e úmido e na sudestada (fortes ventanias de sudeste).

A previsão de tempo é um dos grandes desafios enfrentados na construção de modelos meteorológicos e na meteorologia operacional. Os estudos em PNT tem tornado os modelos mais precisos, desde a década de 1980 com a implantação do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Para que o desenvolvimento dos modelos numéricos continue é importante analisar as condições atmosféricas, associadas a eventos meteorológicos relevantes sobre a América do Sul, a fim de aferir regiões e eventos em que os modelos tenham melhor acurácia individual. Os modelos de PNT precisam ser avaliados para melhorar suas simulações da atmosfera, principalmente em condições de tempo severo.

Estudo de avaliação dos modelos de previsão de tempo do INPE, associado ao processo de ciclogênese, foi verificado resultados não apropriados para utilização em ambiente operacional de previsão de tempo (Brito et al. 2012a; 2012b; 2024a; 2024b). Assim, é fundamental continuar o desenvolvimento do método para se encontrar os principais motivos dos erros e, por fim, melhorar alguma parte da modelagem do modelo. Esse projeto auxilia a encontrar quais são os processos pontuais, dentro no quadro global dos processos de ciclogêneses com mais dificuldades e que necessita ser melhorado. Assim, esse estudo poderá trazer luz para avançar alguns componentes de um modelo numérico atmosférico, como: resolução horizontal, resolução vertical, parametrização, energética, radiação, processos de superfície, entre outros. O atual projeto busca melhoramentos como, por exemplo, o apresentado por Freitas et al. (2024), que fez uma evolução de parametrização do modelo, mas no modelo MONAN e associado a um conjunto de ciclogêneses.

Este subprojeto está relacionado ao Termo de Abertura de Projeto **MONAN** – TAP 01340.005344/2021-50 e vinculado ao Projeto 09 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2019-2023 - Pesquisa e Desenvolvimento em Ciências e Tecnologias e suas Aplicações.



9.6.2 - Objetivo Geral

O objetivo geral do projeto está vinculado diretamente às diretrizes estratégicas do INPE, conforme a sua descrição: Realizar desenvolvimentos em programas computacionais para estudo de conjunto de eventos meteorológicos relevantes sobre a América do Sul, focado no desenvolvimento de modelos de PNT do INPE.

Objetivo específico 1: Desenvolvimento de *scripts* e *softwares* para o estudo do comportamento dos modelos PNT, a partir de um conjunto de casos de ciclogêneses e os sistemas, processo e variáveis associados à formação dos ciclones. É importante destacar que o processo de ciclogênese envolve grande parte da modelagem dos processos que ocorrem sobre a América do Sul. A ciclogênese ocorre a partir de fatores de origem no oceano Pacífico, atravessa os Andes e chega a América Sul, associado a fatores vindos do oceano Atlântico Norte e Sul e a fatores do próprio continente sul-americano.

Objetivo específico 2: Gerar campos meteorológicos que envolve conjunto de casos de ciclogêneses para conhecer detalhadamente as saídas dos modelos de PNT operacionais do INPE. Auxilia desde a identificação do sistema pelo TRACK, até análises sistemáticas e rodadas operacionais e de pesquisas e/ou rodadas estendidas de tempo e clima.

Objetivo específico 3: Analisar os termos da equação do balanço da energia cinética dos distúrbios, quando estes se formam, evoluem e dissipam sobre a América do Sul.

Objetivo específico 4: Implementar o código da energética dos distúrbios nas saídas das previsões de tempo do modelo MONAN.

Objetivo específico 5: Avaliar o desempenho dos modelos de previsão de tempo do INPE e do modelo MONAN a partir dos processos de ciclogêneses.

9.6.3 - Insumos

9.6.3.1 – Custeio

Não há previsão de despesas de custeio

9.6.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/ nível	Meses	Quant
9.6.1	Profissional com 7 (sete) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do	Meteorologia/Tecnologia da informação/ ou áreas afins. Conhecimentos	1 a 5	DB	06	1



diploma de nível superior em Meteorologia, Tecnologia da Informação ou áreas afins ou com título de doutor; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 4 (quatro) anos	Em linguagem de programação (Desejável em Python e Linux)				
---	---	--	--	--	--

9.6.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			1º trimestre	2º trimestre
1. Desenvolvimento de códigos para médias e/ou síntese de variáveis meteorológicas de saídas de modelos comparadas com análise/Reanálise numéricas (ERA5)	1	desenvolvimento de <i>scripts</i>	Desenvolvimento dos <i>scripts</i> para geração dos produtos.	Finalização do desenvolvimento dos <i>scripts</i> e relatório de resultados da análise das condições atmosféricas.
2. Análise conjunta sinótica e de desempenho do modelo baseado em um conjunto de Casos de ciclogêneses	2	Análise conjunta sinótica e de performance do modelo	Análise conjunta sinótica e de desempenho do modelo baseado em conjunto de casos. O desenvolvimento será baseado em dois casos previamente selecionados.	Análise conjunta sinótica e de desempenho do modelo baseado em conjunto de casos. O desenvolvimento será baseado em dois casos previamente selecionados.
3. Aplicação do método de cálculo de Energética, nos casos selecionados	3	Aplicação do método de cálculo de energética, nos casos selecionados	Conhecer o software de energética e TRACK, método implementado e a forma de utilização	Comparação da energética para os casos selecionados para avaliação de desempenho do modelo.
4. Implementar o código da energética na saída dos dados do modelo MONAN	4	Campos dos termos da equação da energia cinética do distúrbio		Auxiliar a implementação do código da energética na saída dos dados do modelo MONAN
5. Gerar os campos dos termos da equação do balanço da energia cinética com os dados do modelo MONAN e BAM	5	Campos gerados dos termos da equação do balanço da energia cinética		Campos dos termos da equação do balanço da energia cinética médias zonais e dos casos selecionados. Relatório de resultados.

9.6.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Trimestre
------------	-----------



	1º	2º
1. Desenvolvimento de códigos de médias ou frequência das saídas do modelo do MONAN comparado com análise/reanálise numéricas (ERA5)	X	X
2. Análise conjunta sinótica e de desempenho do modelo baseado em conjunto de casos. O desenvolvimento será baseado em dois casos previamente selecionados.	X	X
3. Aplicação do método de cálculo de Energética, nos casos selecionados	X	X
4. Auxiliar a implementar o código da energética na saída dos dados do modelo MONAN		X
5. Gerar os campos dos termos da equação do balanço da energia cinética com os dados do modelo MONAN		X

9.6.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			1º	2º
Scripts para gerar campos médios ou de síntese meteorológicos	1	Número de scripts desenvolvido	2	2
Casos selecionados	2	Número inicial de casos de eventos intensos, para ser aplicado em um conjunto maior posteriormente.	1	2
Campos médios espaciais e verticais de variáveis meteorológicas	2	Número de campos gerados	4	6
Campos espaciais e verticais dos termos da equação do balanço da energia cinética	3	Número de campos desenvolvidos	2	2



Script de interface entre o código da energética e apenas três casos das saídas do modelo MONAN	4	Número de scripts desenvolvido		2
Campos espaciais e verticais médios dos termos da equação do balanço da energia cinética com os dados do MONAN	5	Número de campos médios desenvolvidos		4
Relatórios Produzidos	1 a 5	Número de relatórios		2

9.6.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			1º	2º
Scripts desenvolvidos	1 a 5	Números de produtos	4	6
Relatórios produzidos	1 a 5	Número de relatórios		2

9.6.8 - Recursos Solicitados

Custeio:

Não serão alocados recursos para custeio.

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00	6	1	24.960,00
	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\$)					24.960,00

9.6.9 - Equipe do Projeto

Bruno Miranda de Brito
Manoel Alonso Gan
Marcelo Barbio Rosa
Sérgio Henrique Ferreira
Bolsista PCI-DA
Bolsista PCI-DB

9.6.10 - Referências Bibliográficas

- BRITO, B. M; GAN, M. A; DIAS, P. L. S. Ciclones produtores de tempo severo na as subtropical. Parte 1: classificação e particularidades. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia (CBMET), 2012, Gramado - RS. Incertezas e Desafios para a Sustentabilidade Planetária: o papel da Ciência Meteorológica, 2012a.
- BRITO, B. M; GAN, M. A; DIAS, P. L. S. Ciclones produtores de tempo severo na as subtropical. Parte 2: análise sinótica e avaliação do modelo global: classificação e particularidades. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia (CBMET), 2012, Gramado - RS. Incertezas e Desafios para a Sustentabilidade Planetária: o papel da Ciência Meteorológica, 2012b.
- BRITO, B. M; GAN, M. A; CAMPOS, A. M. V; FERREIRA, S. H. S. Avaliação de desempenho dos modelos operacionais WRF, BRAMS, ETA E BAM em prever ciclogêneses. **Revista Brasileira de meteorologia**, 2024a.
- BRITO, B. M; FERREIRA, S. H. S; DANTAS, L. G; GAN, M. A. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DO MODELO BAM HÍBRIDO A PARTIR DO PROCESSO DE CICLOGÊNESE: ESTUDO DE RODADAS DA PNT. **Revista Brasileira de meteorologia**, 2024b.
- FREITAS, S. R., GRELL, G. A., CHOVERT, A. D., SILVA DIAS, M. A. F., & DE LIMA NASCIMENTO, E. A parameterization for cloud organization and propagation by evaporation-driven cold pool edges. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 16, e2023MS003982, 2024.
- GAN, M. A.; RAO, B. V. Surface cyclogenesis over South America. **Monthly Weather Review**, v. 119, p. 293-302, 1991.
- GRAMCIANINOV, C. B. et al. Analysis of Atlantic extratropical storm tracks characteristics in 41 years of ERA5 and CFSR/CFSv2 databases. **Ocean Engineering**, v. 216, 2020.
- ORLANSKI, I.; KATZFEY, J. The life cycle of a cyclone wave in the southern hemisphere. part I: eddy energy budget. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v.48, n.17 p.1972-1998, 1991.
- PETTERSSSEN, S. **Weather analysis and forecasting** New York: McGraw Hill, 1956.



- PIVA, E.D.; GAN, A. M.; RAO, V. B. Energetics of Winter Troughs Entering South America. **Monthly Weather Review**, v. 138, p. 1084-1103, 2010.
- REBOITA, M. S.; DA ROCHA, R. P.; AMBRIZZI, T.; SUGAHARA S.. South Atlantic Ocean Cyclogenesis Climatology Simulated by Regional Climate Model (RegCM3). **Climate Dynamics**, doi:10.1007/s00382-009-0668-7, 2009.
- REBOITA, et al. Ciclones em superfície nas latitudes austrais: Parte I-revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, p. 171-186. 2017.
- REBOITA, et al. Future changes in winter explosive cyclones over the Southern Hemisphere domains from the CORDEX-CORE ensemble. **Climate Dynamics**, v. 57, n. 11, p. 3303-3322, 2021.
- SELUCHI, M.; SAULO, A.C.. Possible mechanisms yielding an explosive coastal cyclogenesis over South America: experiments using a limited area model. **Australian Meteorological Magazine**, v. 47, n. 4, p.309-320, 1998.
- SELUCHI, M.E; NORTE, F.A; SATYAMURTY, P; CHOU, S.C. Analysis of three situations of Foehn effect over the Andes (Zonda wind) using the Eta/CPTEC regional model. **Wea & Forec**, 18, 481-501, 2003.
- SEMPLE, A. T. A review and unification of conceptual models of Cyclogenesis. **Meteorol. Appl.** 10, 39–59, 2003.
- UNDRR, United Nations Office for Disaster Risk Reduction. **Sendai Framework terminology on disaster risk reduction**. 2017. Disponível em <https://www.undrr.org/terminology>.



Projeto 9: CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS

Subprojeto 9.7: Nowcasting de eventos atmosféricos severos utilizando dados de satélites, radares de superfície e sistemas de monitoramento de raios

9.7.1 – Introdução

A frequência de eventos meteorológicos severos com alto impacto à população tem aumentado nas últimas décadas, e há evidências das mudanças climáticas neste aumento (RAHMSTORF & COUMOU, 2011; TRENBERTH, 2012; DEBORTOLI et al., 2017). O sexto relatório de avaliação (AR6) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) mostra que as alterações climáticas causadas pelo homem já provocam eventos meteorológicos e climáticos extremos em todas as regiões do mundo. Há, atualmente, fortes evidências de que isso tem levado a impactos, perdas e danos generalizados ao meio ambiente e às pessoas. As comunidades vulneráveis, que historicamente menos contribuíram para as atuais alterações climáticas, são desproporcionalmente as mais afetadas. Particularmente nas áreas urbanas, as alterações climáticas têm causado impactos adversos: na saúde humana, nos meios de subsistência e em toda infraestrutura. Os extremos de calor intensificaram-se e inundações, deslizamento de encostas e eventos de intensa precipitação ficaram mais frequentes nas cidades, comprometendo os sistemas de transporte, água, saneamento e energia, com consequentes perdas econômicas, interrupção de serviços essenciais e impactos negativos no bem-estar da população (IPCC, 2023).

Alguns exemplos incluem as chuvas intensas em Petrópolis/RJ em fevereiro de 2022, ocasionando 241 mortes, e chuvas de mais de 600 mm em 24h no litoral norte paulista em fevereiro de 2023, vitimando mais de 60 pessoas. As estatísticas mostram que 60% dos desastres no Brasil estão associados a eventos de inundações (TOMINAGA et al., 2009), eventos estes que são derivados de chuva de alta intensidade observada em períodos curtos. Eventos isolados, como tempestades associadas a nuvens Cumulonimbus, possuem uma duração em torno de horas e escala de uma dezena de quilômetros. Chuvas associadas a supercélulas e linhas de instabilidade tem uma escala de centenas de quilômetros e duração acima de 6 horas. Já sistemas frontais podem perdurar por dias e têm seu deslocamento atingindo várias regiões populosas simultaneamente. Cada escala possui mecanismos próprios para seu desenvolvimento e amplificação e, portanto, demanda técnicas diferentes para a sua correta previsão meteorológica. Os eventos atmosféricos severos são os fenômenos mais difíceis de se prever, e os erros e incertezas destas previsões inevitavelmente impactarão diretamente a eficácia dos sistemas de alertas enviados à população e às decisões tomadas por gestores de risco.

Este subprojeto trata das atividades necessárias para atingir os objetivos específicos 3 e 6 do Projeto 9 do **CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS** do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2019-2023, número 400077/2022-1, com destaque para os seguintes tópicos:

- Desenvolvimento e adaptação de métodos de nowcasting por satélite. Uso de radar, satélites e informações na superfície para desenvolver produtos e



disponibilizar informações sobre intensidade, deslocamento, descarga elétrica e severidade de sistemas meteorológicos e instabilidade atmosférica;

- Desenvolvimento de produtos de nowcasting, previsão de curto prazo;

Esta proposta também está alinhada com os objetivos do projeto “*Desenvolvimento de produtos para inferência de severidade de tempestades baseados em radar meteorológico, satélites e dados de descargas elétricas*”, TAP 01340.007079/2023-14 e com o programa “*Nowcasting – Previsão em curtíssimo prazo*”, TAPg 01340.003800/2023-99.

9.7.2 - Objetivo Geral

Desenvolver um produto de previsão de eventos atmosféricos severos de curtíssimo prazo (até 3 horas) que combine dados de diferentes sensores meteorológicos (satélites, radares de superfície e sistemas de monitoramento de raios)

Os objetivos específicos são:

3. Gerar um campo de refletividade sintética a partir de relação empírica dos dados dos sistemas de monitoramento de raios e radares meteorológicos
4. Inferir a severidade dos eventos atmosféricos combinando a informação de pluviômetros, satélites, radares de superfície e sistemas de monitoramento de raios.
5. Aplicar o sistema de extrapolação TATHU (*Tracking and Analysis of Thunderstorms*) ao campo gerado para um horizonte de até 3 horas de previsão (Uba et al., 2022);

9.7.3 - Insumos

9.7.3.1 – Custeio

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

9.7.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI Nível	Meses	Qtde
--------	-----------------------------------	------------------------	------------------------	--------------	-------	------



9.7.1	Profissional com 7 (sete) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior em Meteorologia, Matemática, Física, Computação ou áreas afins; ou com título de doutor; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 4 (quatro) anos	Experiência em desenvolvimento computacional e conhecimentos básicos na área de meteorologia	1, 2, 3	DB	6	1
-------	--	--	---------	----	---	---

9.7.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas					
			Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1. Geração do campo de refletividade sintética	1	Imagens do campo de refletividade sintética	X	X				
2. Aplicação do campo sintético no sistema THATU	2, 3	Saídas do THATU com os resultados			X	X	X	
3. Elaboração de um relatório técnico com os resultados obtidos	1, 2, 3	Relatório Técnico			X	X	X	X

9.7.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Meses					
	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Atividade 1	X	X				



Atividades	Meses					
	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Atividade 2			X	X	X	
Atividade 3			X	X	X	X

9.7.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas					
			Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Imagens do campo de refletividade sintética	1	Relatório Técnico			X			
Saídas do aplicativo THATU	2, 3	Relatório Técnico						X

9.7.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas					
			Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Obtenção de um campo de refletividade de radar sintética obtido a partir de dados de raios	1	Imagens do campo sintético			X			



Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas						
			Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	
Inferência da severidade dos eventos atmosféricos a partir das saídas do aplicativo THATU	2, 3	Arquivos de saída do THATU contendo as informações							X

9.7.8 - Recursos Solicitados

9.7.8.1 Custeio:

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

9.7.8.2 Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00	6	1	24.960,00
	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\$)	24.960,00
-------------	-----------

9.7.9-Equipe do Projeto

Supervisor:

- Kleber Pinheiro Naccarato

Colaboradores:

- Thiago Souza Biscaro
- Izabelly Carvalho da Costa
- Aurelienne Aparecida Souza Jorge
- Javier Tomasella
- Éder Paulo Vendrasco
- Enver Manuel Amador Ramirez Gutierrez
- Alex Almeida Fernandes
- Diego Pereira Enoré
- Douglas Messias Uba
- José Roberto Rozante
- Tiago Bentes Mandú

9.7.10-Referências Bibliográficas

DEBORTOLI, N. S.; CAMARINHA, P. I. M.; MARENGO, J. A.; RODRIGUES, R. R. An index of Brazil's vulnerability to expected increases in natural flash flooding and landslide disasters in the context of climate change. *Natural hazards*, v. 86, 2017, p. 557-582. DOI: 10.1007/s11069-016-2705-2.

IPCC. *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 184 pp., 2023, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.

RAHMSTORF, S.; COUMO, D. Increase of extreme events in a warming world. *Proc Natl Acad Sci U S A*, v. 108, n. 44, 2011.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. *Desastres Naturais: conhecer para prevenir*. São Paulo: Instituto Geológico, 2009, p. 11-23.

TRENBERTH, K. E. Framing the way to relate climate extremes to climate change. *Climatic Change*, v. 115, 2012, p. 283-290.

UBA, D. M.; NEGRI, R. G.; ENORÉ, D. P.; COSTA, I. C.; JORGE, A. A. S. TATHU – Software para rastreamento e análise do ciclo de vida de sistemas convectivos. São José dos Campos: INPE, 2022. 39 p. Disponível em: <http://urlib.net/ibi/8JMKD3MGP3W34T/47AF772>.



Projeto 9: CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS

Subprojeto 9.8: Desenvolvimento de produtos para a avaliação dos modelos de previsão numérica de tempo

9.8.1 – Introdução

Prever o tempo e o clima com antecedência em escalas que variam de horas a meses é um dos maiores desafios técnicos e científicos enfrentados atualmente. No entanto, vários países têm obtido sucesso nessa empreitada, o que ressalta a importância da disponibilização de informações confiáveis e quase em tempo real sobre as condições atmosféricas e oceânicas. No Brasil, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) se destacou como pioneiro na pesquisa e na operacionalização de métodos para a previsão numérica do tempo e do clima, utilizando sistemas de supercomputação avançados. Esses métodos permitem a geração de previsões de curto e médio prazo, além de previsões climáticas, por meio de técnicas de modelagem numérica da atmosfera e dos oceanos com o objetivo de prever as condições futuras. Atualmente, o CPTEC fornece operacionalmente previsões de tempo, qualidade do ar, agitação marítima e clima sazonal/subsazonal.

Ao considerar a atmosfera como um sistema dinâmico e visando o aprimoramento das previsões numéricas de tempo e dos respectivos produtos derivados, há necessidade de uma constante avaliação e aferição dos resultados. Sendo assim, faz-se necessário o desenvolvimento de uma suíte de códigos e produtos para a avaliação consistente dos modelos numéricos, desenvolvidos e executados no INPE, para ser possível direcionar correções e melhorias em tais modelos. Isso requer uma avaliação contínua dos resultados obtidos pelos modelos, além da identificação de áreas para correção e aprimoramento.

Este projeto tem como objetivo criar uma gama de produtos e procedimentos para avaliar e comparar os modelos numéricos desenvolvidos pelo INPE. Para estas avaliações, serão empregados dados provenientes de estimativas de satélites, observações diretas e a combinações desses dados, além de informações de reanálise fornecidas pelo ECMWF ou oriundas da análise dos próprios modelos numéricos. Os avanços alcançados deverão proporcionar meios de comparar os diferentes modelos numéricos, identificando áreas e eventos onde cada modelo apresenta melhor acurácia individualmente. Adicionalmente, será feita uma classificação desses modelos para atender às necessidades dos parceiros e interessados em dados provenientes de modelos numéricos.

Atualmente, os sistemas de avaliação de modelos numéricos da DIPTC/INPE estão defasados em termos de métodos e aplicações. Portanto, é crucial implementar novas abordagens, desenvolver ferramentas inovadoras e reformular métodos de avaliação obsoletos para serem integrados ao futuro MONAN – Model for Ocean-land-Atmosphere prediction (Modelo para Previsão dos Oceanos, Superfícies Terrestres e Atmosfera). Recursos adicionais para avaliação podem ser encontrados em [2], [3] e [4].

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 **MONAN** – TAP 01340.005344/2021-50.

9.8.2 - Objetivo Geral

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



Desenvolver atividades de pesquisa e desenvolvimento nas áreas de meteorologia, climatologia, hidrologia, sensoriamento remoto da atmosfera, oceanografia e meio ambiente, com ênfase em técnicas de modelagem e de tratamento de observações da atmosfera, dos oceanos e da superfície. Realizar estudo de casos de eventos meteorológicos relevantes sobre a América do Sul, focando na análise sinótica, análise de campos gerados pelos modelos de previsão numérica de tempo (PNT) do INPE.

Objetivo específico 6: Desenvolvimento de Produtos de Monitoramento e Previsão fazendo uso das pesquisas desenvolvidas para previsão de tempo e clima.

9.8.3 - Insumos

9.8.3.1 – Custeio

Não há previsão de despesas de custeio

9.8.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Qtde
9.8.1	Profissional com 5 (cinco) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior em Meteorologia, Engenharia da Computação, Sistemas de Informação, Ciências da Computação ou áreas afins ou com grau de mestre	Meteorologia/Tecnologia da informação/ ou áreas afins. Conhecimentos em linguagem de programação (Desejável em Python e Linux)	6	D-C	6	1

9.8.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas					
			Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1. Desenvolvimento de códigos para avaliação objetiva de campos em baixos níveis usando análise/reanálise.	6	Desenvolvimento de scripts e avaliações.	Seleção dos casos para estudo e avaliação de campos de superfície e baixos níveis, índices objetivos.	Geração dos campos em baixos níveis.	Comparações entre modelos . Índices estatísticos e gráficos.	Comparações entre modelos . Índices estatísticos e gráficos.	Comparações entre modelos . Índices estatísticos e gráficos.	Relatório de resultados de avaliação e comparação



2. Desenvolvimento de códigos para avaliação de campos em médios níveis usando análise/reanálise.	6	Desenvolvimento de scripts e avaliações.	Seleção dos casos para estudo e avaliação de campos de médios níveis, índices objetivos.	Geração dos campos em médios níveis.	Comparações entre modelos . Índices estatísticos e gráficos.	Comparações entre modelos . Índices estatísticos e gráficos.	Comparações entre modelos . Índices estatísticos e gráficos.	Relatório de resultados de avaliação e comparação
3. Desenvolvimento de códigos para avaliação de campos em altos níveis usando análise/reanálise.	6	Desenvolvimento de scripts e avaliações.	Seleção dos casos para estudo e avaliação de campos de altos níveis, índices objetivos.	Geração dos campos em altos níveis.	Comparações entre modelos . Índices estatísticos e gráficos.	Comparações entre modelos . Índices estatísticos e gráficos.	Comparações entre modelos . Índices estatísticos e gráficos.	Relatório de resultados de avaliação e comparação

9.8.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre											
	Jul 2024		Ago 2024		Set 2024		Out 2024		Nov 2024		Dez 2024	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1. Desenvolvimento de códigos para avaliação de campos em baixos níveis usando análise/reanálise	x		x		x		x		x		x	
2. Desenvolvimento de códigos para avaliação de campos em médios níveis usando análise/reanálise		x		x		x		x		x		x
3. Desenvolvimento de códigos para avaliação de campos em altos níveis usando análise/reanálise.		x		x		x		x		x		x

9.8.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas					
			Jul 2024	Ago 2024	Set 2024	Out 2024	Nov 2024	Dez 2024
Scripts para a implementação inicial no algoritmo de avaliação	6	Número de scripts desenvolvidos	2	2	2	1		
Avaliação dos campos de médios níveis.	6	Número de campos desenvolvidos	3	3	3	3	3	
Avaliação dos campos de médios níveis.	6	Número de campos desenvolvidos		3	3	3	3	
Relatórios Produzidos	6	Número de relatórios					2	1

9.8.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo	Indicadores	Metas
------------	----------	-------------	-------



	Específico		Jul 2024	Ago 2024	Set 2024	Out 2024	Nov 2024	Dez 2024
Novos scripts	6	- Números de scripts	1	2	2	1		
Novos produtos disponíveis	6	- Números de produtos	4	6	6	6	2	
Relatórios produzidos	6	- Número de relatórios				1	1	

9.8.8 - Recursos Solicitados

Custeio:

Não serão alocados recursos para custeio.

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00			
	C	3.380,00	6	1	20.280,00
	D	2.860,00			
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					20.280,00

9.8.9-Equipe do Projeto

[Antonio Marcos Vianna Campos](#)

[Bruno Miranda de Brito](#)

[Diogo Alessandro Arsego](#)

[Elton Kleiton Albuquerque De Almeida](#)

[Luiz Kondraski de Souza](#)

Bolsista PCI-D

9.8.10-Referências Bibliográficas

[1] Escada, P. et al., 2021: *Climate services in Brazil: Past, present and future perspectives*. *Climate Services*, v. 24, p. 100276, dez. 2021.

[2] Jolliffe, I.T., and D.B. Stephenson, 2012: *Forecast Verification: A Practitioner's Guide in Atmospheric Science. 2nd Edition*. Wiley and Sons Ltd, 274 pp.



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

[3] Nurmi, P., 2003: *Recommendations on the verification of local weather forecasts (at ECWMF member states)*. ECMWF Operations Department, October 2003.

[4] Stanski, H.R., L.J. Wilson, and W.R. Burrows, 1989: *Survey of common verification methods in meteorology*. World Weather Watch Tech. Rept. No.8, WMO/TD No.358, WMO, Geneva, 114 pp.



PROJETO 10 – PROJETO INTEGRADOR DO COCST PARA MUDANÇAS AMBIENTAIS

Subprojeto 10.1: Nexu água - energia - carbono na Bacia do Rio Paranapanema: Cenário histórico e projeções futuras

10.1.1 – Introdução

O Brasil é caracterizado pela sua grande disponibilidade hídrica. No entanto, devido à heterogeneidade climática, disparidades socioeconômicas e à deficiência de infraestrutura hídrica, o uso desse recurso tem se tornado limitado em muitas regiões do país (Mello et al., 2020). Por outro lado, a demanda por terras agricultáveis para produção de culturas alimentares e energéticas sofreu enorme expansão em áreas de cobertura nativa a partir do boom das commodities agrícolas do início deste século (Souza et al. 2020). Dentre as culturas que mais experimentaram aumento de produção, merece destaque a soja, que é uma importante commodity de exportação ao mercado chinês, cuja área cultivada passou de 26,4 milhões de hectares em 2000 para 55,1 milhões de hectares em 2019 (Song et al. 2021). Outra cultura agrícola que sofreu significativa expansão é a cana-de-açúcar: atualmente, o Brasil é o maior produtor mundial que possui a maior área plantada de cana-de-açúcar do mundo, aproximadamente 8,5 Mha, concentrada principalmente na Região Sudeste (63% do total nacional), sendo o Estado de São Paulo responsável por aproximadamente 54% do total nacional (Oliveira et al., 2022). A cultura da cana-de-açúcar contribui significativamente na produção de etanol, combustível renovável e pouco poluente: de acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento, a produção da Safra 2023/24 deve chegar a 677,6 milhões de toneladas resultando em uma produção de 33,83 bilhões de litros de etanol.

Um dos objetivos do Plano Nacional Sobre Mudança do Clima é diminuir as taxas de desmatamento em todos os biomas brasileiros até alcançar o desmatamento ilegal zero. Portanto, o aumento da produção agrícola do país para atender a futura demanda global deve considerar esse compromisso. Nesse contexto, o uso da irrigação é uma alternativa viável para a intensificação do uso da terra e ganho em produtividade. A irrigação é responsável por 68% do consumo de água no país (Gesualdo et al. 2021): a área total irrigada no país corresponde a 6,95 Mha, sendo a cana-de-açúcar responsável por 29% dessa área.

A geração de energia no Brasil é dominada por usinas hidrelétricas (UHE), que respondem por 60% da capacidade total instalada. Como a produção de energia depende de recursos hídricos abundantes, o país é vulnerável à escassez de abastecimento em anos de baixa pluviosidade (Zambon et al. 2016). Diante dos episódios de seca, como o evento de 2015-2016 na Região Sudeste, esta forma de geração é complementada por geração térmica (Tomasella et al. 2023), de maior custo, e em sua maioria usando combustíveis fósseis o que provoca o aumento das emissões nacionais.

O aumento da frequência e da intensidade dos eventos de seca (Tomasella et al. 2023) nas décadas recentes, como aquele da Região Sudeste em 2014 e 2015 (Coelho et al. 2016), afeta a geração de energia, abastecimento humano e industrial; a demanda de água para irrigação; e a navegação (Toloi et al. 2016). Portanto, a combinação de extremos climáticos, o aumento expressivo na demanda por água, e a falta de conscientização coletiva da população, torna urgente e estratégico melhorar a gestão dos recursos hídricos a partir de novos paradigmas que contemplem projeções futuras de demanda e oferta de recursos naturais.

O consumo de água, o consumo de energia e a emissão de carbono são três elementos importantes que estão profundamente interligados no processo de desenvolvimento sustentável. A mudança no uso do solo devido às ações antrópicas influencia no armazenamento e nos fluxos de carbono dos ecossistemas terrestres, mas também no consumo de água e energia. Devido à necessidade de mitigar o impacto das mudanças climáticas e a estreita relação entre energia, água e emissões de CO₂, pesquisas recentes têm incorporado as emissões de CO₂ nos sistemas de energia e água (Yang et al., 2018). O nexu água-energia-carbono se propõe a estudar as restrições dos recursos naturais e vinculá-los com as emissões de carbono. e também ajuda a entender as interações entre os recursos



naturais e os efeitos ambientais dos diferentes usos do solo, bem como examinar opções para a gestão dos recursos com base na conservação da água e energia e na redução das emissões de carbono. Apesar da evidente inter-relação entre energia, água, e emissões de CO₂, a maioria dos estudos envolvendo esse nexos têm por foco o tripé energia-água-alimentação e poucos estudos incluem a questão das emissões (Li et al. 2019).

Assim, esta proposta tem como objetivo examinar cenários atuais e futuros de uso da terra no contexto do nexos água-energia-carbono. A finalidade é melhorar a gestão dos recursos naturais disponíveis, visando gerar subsídios para a gestão sustentável de maneira a contemplar todos os usos tais como agricultura, hidroenergia e abastecimento humano e industrial, e entender como os diferentes usos afetam as emissões de CO₂.

Várias pesquisas no Brasil têm estudado o nexos água-energia-alimentação para diferentes setores da economia (por exemplo, Dalla Fontana et al. 2020, Paiva et al. 2024). Ainda que várias pesquisas no país abordam os impactos da mudança no uso da terra nas emissões de carbono para fins de inventário nacional, não existem estudos que discutem o nexos água-energia-carbono considerando os múltiplos e muitas vezes conflitantes usos da água em uma bacia hidrográfica. Como estudo de caso será utilizada a bacia do rio Paranapanema, devido a sua importância socioeconômica, na geração hidrelétrica, na produção de biocombustíveis e na produção agrícola.

Este subprojeto trata das atividades necessárias para atingir o objetivo específico 6 “Avaliar as trajetórias de sustentabilidade frente às pressões ambientais e antrópicas, conciliando a segurança de alimentos, energética e hídrica, visando o bem-estar da população”, que se insere no Projeto 10 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2024.

Vinculado ao TAP 01340.001287/2022-11 “Estudos interdisciplinares das influências das ações antrópicas e identificação de impactos, vulnerabilidades e adaptação no Sistema Terrestre”

10.1.2 - Objetivos

Geral: O objetivo deste projeto é entender como os cenários atuais e futuros de uso da terra afetam o nexos água-energia-carbono na bacia do rio Paranapanema.

Específicos:

- Desenvolver projeções de cenários de uso e ocupação da terra;
- Desenvolver projeções de consumo de água industrial e abastecimento urbano e rural;
- Regionalizar cenários de mudanças climáticas na área de estudo;
- Estimar as demandas atuais e futuras de agricultura de sequeiro e irrigada com ênfase em cana de açúcar, milho e soja;
- Estimar a disponibilidade hídrica usando modelagem Hidrológica;
- Avaliar a sustentabilidade usando indicadores com base no uso e ocupação da terra para o cenário atual e para as projeções futuras;
- Propor estratégias de adaptação e recomendações para a gestão sustentável da Bacia do rio Paranapanema.

10.1.3 – Insumos

10.1.3.1 – Custeio

10.1.3.2 – Bolsas

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



				/nível		
10.1.1	Profissional com 10 (dez) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior em Meteorologia, Ciências Ambientais ou áreas afins, 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, SIG e programação	6	D-A	6	1

10.1.4 – Atividades e Cronograma

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Meses					
			1	2	3	4	5	6
1. Desenvolver projeções de cenários de uso e ocupação da terra	1	Número de cenários gerados	x	x				
2. Desenvolver projeções de consumo de água industrial e abastecimento urbano e rural;	2	Número de cenários gerados		x				
3. Regionalizar cenários de mudanças climáticas na área de estudo	3	Número de cenários regionalizados		x	x			
4. Estimar as demandas atuais e futuras de agricultura de sequeiro e irrigada com ênfase em cana de açúcar, milho e soja	4	Cenários de demanda futura da agricultura			x	x	x	
5. Estimar a disponibilidade hídrica usando modelagem Hidrológica	5	Modelo hidrológico calibrado e validado			x	x	x	
6. Avaliar a sustentabilidade usando indicadores com base no uso e ocupação da terra para o cenário atual e para as projeções futuras	6	Cenários de sustentabilidade					x	



7. Propor estratégias de adaptação e recomendações para a gestão sustentável da Bacia do rio Paranapanema	7	Relatórios com estratégias de adaptação							x
---	---	---	--	--	--	--	--	--	---

10.1.5 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Meses						
			1	2	3	4	5	6	
Cenários de adaptação e de uso sustentável dos recursos hídricos da Bacia do Paranapanema	7	Relatório técnico							x

10.1.6 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Meses						
			1	2	3	4	5	6	
1. Desenvolvimento metodológico do nexa água – energia - carbono adaptado ao contexto regional	1-5	Artigo científico publicado							x
2. Propor e testar indicadores de sustentabilidade com foco no nexa água – energia - carbono	6	Artigo científico publicado							x

10.1.7 - Recursos Solicitados

10.1.7.1. Custeio:

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

10.1.7.2. Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00	6	1	31.200,00
	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\$)					31.200,00

10.1.8 - Equipe do Projeto

Coordenador: Javier Tomasella

Colaboradores

Erica Acioli Canamari (INPE)

Jaqueline Santoro (PGCST)

Maria Clara Fava (UFSCAR)

Anaí Vasconcelos (UFSCAR)

Minella Martins (INPE)

10.1.9 - Referências Bibliográficas

Coelho CAS, de Oliveira CP, Ambrizzi T et al (2016) The 2014 southeast Brazil austral summer drought: regional scale mechanisms and teleconnections. *Clim Dyn* 46:3737–3752. <https://doi.org/10.1007/s00382-015-2800-1>

M. Dalla Fontana, F. de Araújo Moreira, G.M. Di Giulio, T.F. Malheiros. The water-energy-food nexus research in the Brazilian context: what are we missing? *Environ. Sci. Pol.*, 112 (2020), pp. 172-180, [10.1016/j.envsci.2020.06.021](https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.06.021)

Gesualdo, Gabriela Chiquito Gesualdo, Gabriela; Sone, Jullian Souza; Galvão, Carlos De Oliveira; Martins, Eduardo Sávio; Montenegro, Suzana Maria Gico Lima; Tomasella, Javier; Mendiondo, And Eduardo Mario. Unveiling water security in Brazil: current challenges and future perspectives. *Hydrological Sciences Journal-Journal Des Sciences Hydrologiques.* , v.66, p.759 - 768, 2021.

Li, Hao; ZHAO, Yuhuan; LIN, Jiang. A review of the energy–carbon–water nexus: Concepts, research focuses, mechanisms, and methodologies. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment*, v. 9, n. 1, p. e358, 2020.

Mello, K., Taniwaki, R. H., de Paula, F. R., Valente, R. A., Randhir, T. O., Macedo, D. R., ... & Hughes, R. M. (2020). Multiscale land use impacts on water quality: Assessment, planning, and future perspectives in Brazil. *Journal of Environmental Management*, 270, 110879.

PAIVA, A.C.E.; MARTINS, M.; CANAMARY, E.A.; RODRIGUEZ, D.A.; TOMASELLA, J. Inter-basin water transfers under changing climate and land use: Assessing water security and hydropower in the Paraíba do Sul River basin, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* v. 133. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2023.104707>

Souza, C.M.; Z. Shimbo, J.; Rosa, M.R.; Parente, L.L.; A. Alencar, A.; Rudorff, B.F.T.; Hasenack, H.; Matsumoto, M.; G. Ferreira, L.; Souza-Filho, P.W.M.; et al. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. *Remote. Sens.* 2020, 12, 2735. <https://doi.org/10.3390/rs12172735>.

Toloi, Rodrigo & Junior, Moacir & Machado, Sivanilza & Vendrametto, Oduvaldo & Neto, Pedro. (2016). Droughts In The Tietê-Paraná Waterway: Impacts On The Direct, Indirect And Hidden Costs In The Transportation Of Soybean. *Independent Journal of Management & Production*. 7. 431-444. [10.14807/ijmp.v7i2.418](https://doi.org/10.14807/ijmp.v7i2.418)

TOMASELLA, JAVIER; CUNHA, ANA PAULA M. A.; SIMÕES, PALOMA ANGELINA; ZERI, MARCELO. Assessment of trends, variability and impacts of droughts across Brazil over the period 1980-2019. *NATURAL HAZARDS.* , v.116, p.2173 - 2190, 2023.

Yang, X., Wang, Y., Sun, M., Wang, R., & Zheng, P. (2018). Exploring the environmental pressures in urban sectors: An energy-water-carbon nexus perspective. *Applied Energy*, 228, 2298–2307. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.07.090>



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

Wang, X.-C., Jiang, P., Yang, L., Fan, Y.V., Klemes, J.J., Wang, Y., 2021. Extended water–energy nexus contribution to environmentally–related sustainable development goals. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 150, 111485. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111485>
Zambon, Renato & Barros, Mario & Yeh, William. (2016). Impacts of the 2012–2015 Drought on the Brazilian Hydropower System. 82-91. *World Environmental and Water Resources Congress 2016*. <https://doi.org/10.1061/9780784479858.010>



PROJETO 10: PROJETO INTEGRADOR DO COCST PARA MUDANÇAS AMBIENTAIS

Subprojeto 10.2: Desenvolvimento de uma ferramenta de acompanhamento de qualidade de dados em tempo real para a Rede SONDA

10.2.1 – Introdução

Dentre as várias ações de pesquisas realizadas na Divisão de Impactos, Adaptações e Vulnerabilidade da CGCT, destacam-se diversos esforços colaborativos no desenvolvimento de arcabouços computacionais de modelagem dos diferentes componentes do Sistema Terrestre, assim como parametrização de modelos existentes.

O Projeto atual denominado “*Projeto integrador do DIIAV para mudanças ambientais*” tem como objetivo desenvolver estudos ambientais e socioeconômicos com base em três grandes eixos estruturantes: Sistemas de Observação, Modelagem e Diagnósticos e Cenários, objetivando responder problemas transversais, como os de segurança hídrica, alimentar e energética do Brasil. Estes objetivos estão alinhados ao **Objetivo Estratégico 19 do Plano Diretor do INPE 2022-2026**, que busca aprofundar as bases em pesquisas de síntese no contexto do sistema terrestre, considerando a multidimensionalidade de seus fenômenos, a consequente e indissociável interdisciplinaridade de seus estudos e a busca por uma perspectiva transdisciplinar, em direção a uma ciência orientada a soluções. A questão energética se torna ainda mais relevante se considerarmos os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) assumidos pelas Nações Unidas para o horizonte de 2030, especificamente o ODS-7 de “prover energia limpa e acessível à população mundial”. Isto porque 1,2 bilhão de pessoas ainda não têm acesso à eletricidade, e 2,7 bilhões ainda utilizam biomassa sólida como combustível de fogão, conforme dados da Agência Internacional de Energia, colocando forte pressão sobre a demanda futura no planeta.

O setor de energia demanda uma série de informações e análises que estão inseridas nas nos Objetivos Específicos do escopo **do Projeto 10 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1**, disponível na página do INPE.

Este projeto se propõe a desenvolver uma ferramenta de acompanhamento de qualidade de dados em tempo real para as estações automática da Rede SONDA [2]. Atualmente este controle de qualidade é realizado a posteriori gerando atrasos na detecção de falhas e comprometendo a qualidade dos dados.

A Rede SONDA conta atualmente com 14 sites, entre estações próprias e parceiras, coletando variáveis radiométricas, perfis de vento, turbidez, nebulosidade além de variáveis meteorológicas básicas. A rede está completando 20 anos e vem sendo amplamente utilizada pela comunidade acadêmica para a calibração e validação de modelos, além de suportar análises de longo prazo para o setor de energia solar e eólica.



No âmbito internacional, esta rede compõe a BSRN (Baseline Surface Radiation Network) [3], vinculado ao GEWEX (Global Energy and Water Exchange) sendo responsável por 50% das medidas de longo prazo de OLD (Onda Longa Descendente) utilizadas para detecção do aumento de efeito estufa sobre a América do Sul.

Este projeto se insere na iniciativa Rede SONDA de coleta de dados ambientais, que consta no portfólio institucional do INPE aprovado através do TAPg (SEI Nro 01340.000675/2022-84). Este subprojeto consta no Projeto 10 Projeto integrador do COCST para mudanças ambientais do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2019-2023, disponível na página do INPE.

10.2.2 - Objetivo Geral

O objetivo geral do projeto está vinculado às diretrizes estratégicas da instituição, especificamente ao Objetivo Específico 7 do Projeto 10 PCI 2018-2023, número 400077/2022-1): Quantificar o potencial de geração de energia através de fontes renováveis no Brasil. Neste sentido, o objetivo principal deste subprojeto é contribuir para a construção e consolidação de redes integradas e inovadoras para coleta de dados ambientais e quantificar o potencial de geração de energia por fontes renováveis no Brasil.

Dentre as atividades descritas neste objetivo, o subprojeto possui forte aderência com:

- Validar modelos computacionais a partir de dados de superfície de alta confiabilidade;
- Subsidiar construção de cenários de segurança energética e indicadores integrados de sustentabilidade;
- Prover dados de qualidade à sociedade para o fomento às tecnologias de geração solar e eólica.

Associado ao objetivo geral, propõe-se neste subprojeto os seguintes objetivos específicos:

Objetivo Específico 1: Consolidar as redes de observação contínua de variáveis ambientais;

Objetivo Específico 2: Prover dados de qualidade à sociedade para a sociedade brasileira bem como para os tomadores de decisão nas diferentes esferas, tanto do setor privado quanto do Governo;

Objetivo Específico 3: Desenvolver algoritmos de qualificação de dados ambientais aplicados ao setor de energia.

10.2.3 - Insumos

10.2.3.1 – Custeio



Dado o curto prazo desta proposta, não será necessário provisionar recursos de custeio.

10.2.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/ nível	Meses	Qtde
10.2.1	Profissional com 7 (sete) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior em Meteorologia, Engenharias ou áreas afins; ou com título de doutor; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 4 (quatro) anos	Meteorologia, engenharia ou ciências exatas	1, 2, 3	D-B	6	1

10.2.4 - Atividades de Execução

Para atingir o objetivo geral e os objetivos específicos do projeto, as seguintes atividades são necessárias:

1. Revisão de literatura sobre sistemas de qualificação automática de dados e linguagens, softwares compatíveis para sua implementação;
2. Desenvolvimento e implementação de rotinas para controle automático de qualidade através de visualização em tempo real para conjunto de dados de teste e validação, em consonância com a atividade 1;
3. Implementação da ferramenta de controle de qualidade em tempo real em ambiente de produção.

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Revisão de literatura sobre sistemas de qualificação automática de dados e linguagens, softwares compatíveis para sua implementação	1, 2, 3	- Nro de testes de qualidade definidos	Redefinir 3 limiares de qualidade para cada sensor testado
Desenvolvimento e implementação de rotinas para controle automático de qualidade através de visualização em tempo real para conjunto de dados de teste e validação.	3	- Nro de gráficos de qualidade implementados	Disponibilizar um ambiente virtual com 3 gráficos de qualidade validados
Implementação da ferramenta de controle de qualidade em tempo real em ambiente de produção	1, 2	- Nro de estações com controle de qualidade automatizado	Implementar controle automático de qualidade para 6



			estações da Rede SONDA
--	--	--	------------------------

10.2.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	2024 / meses					
	1	2	3	4	5	6
Revisão de literatura sobre sistemas de qualificação automática de dados e linguagens, softwares compatíveis para sua implementação						
Desenvolvimento e implementação de rotinas para controle automático de qualidade através de visualização em tempo real para conjunto de dados de teste e validação.						
Implementação da ferramenta de controle de qualidade em tempo real em ambiente de produção						

10.2.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Meta 2024
Relatório sobre ferramentas e novos algoritmos para detecção de falhas	1,2	Nro de relatórios	1
Ferramenta de controle de qualidade em tempo real em ambiente de produção	3	Nro de ambientes de acompanhamento de qualidade em tempo real	1

10.2.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivos específicos	Indicadores	Meta 2024
Maior disponibilidade dados de qualidade para a sociedade	1,2	Taxa de disponibilidade de dados (razão entre dados úteis e dados totais)	85%
Menor número de horas de trabalho para diagnóstico de falhas em estações de coleta	3	Número de horas de trabalho mensal para controle de qualidade da rede de coleta.	16h/mês

10.2.8 - Recursos Solicitados



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

Custeio:

Dado o curto prazo desta proposta, não será necessário provisionar recursos de custeio.

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00	6	1	24.960
	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\$)					24.960

10.2.9 - Equipe do Projeto

André R. Gonçalves - Servidor
Rodrigo S. Costa - Servidor
Sylvio L. Mantelli - Servidor
Guilherme Baggio - Bolsista
Marcelo P. Pes - Bolsista
Sílvia Vitorino - Bolsista

10.2.10 - Referências Bibliográficas

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

[2] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). (2021). Sistema de Organização Nacional de Dados Ambientais (SONDA). Disponível em <<http://sonda.ccst.inpe.br>>.

[3] McArthur L.J.B. 2005: Baseline Surface Radiation Network (BSRN). Operations Manual. WMO/TD-No. 1274, WCRP/WMO.



PROJETO 10: PROJETO INTEGRADOR DO COCST PARA MUDANÇAS AMBIENTAIS

SubProjeto 10.3: Extensão e divulgação científica no INPE: a empreitada do comunicar ciência sob a perspectiva da cultura científica e cidadã

10.3.1 – Introdução

O INPE tem como missão desenvolver, operar e utilizar sistemas espaciais para o avanço da ciência, da tecnologia e das aplicações nas áreas do espaço exterior e do ambiente terrestre, e oferecer produtos e serviços inovadores em benefício da sociedade. Adicionalmente à Pesquisa e ao Desenvolvimento, o INPE conta com diversos programas de Pós-Graduação e atividades de Extensão, que estão alinhadas às suas Pesquisa e Desenvolvimento (P&D).

A Extensão configura-se como uma nova dimensão da disseminação do conhecimento para a sociedade, e envolve o uso de técnicas e metodologias diferentes daquelas usuais do ambiente científico e acadêmico, como por exemplo, a realização de cursos de curta duração, oficinas, palestras, *lives*, rodas de conversa, observação do céu noturno etc.

A área de Extensão foi instituída recentemente no INPE pela Portaria nº 3.446, de 10 de setembro de 2020, vinculando-se à Divisão de Extensão e Capacitação (DIEXC) e à Coordenação de Pesquisa, Ensino e Extensão (COEPE), ambas instituídas pela mesma portaria. As atividades de extensão já vinham sendo realizadas no Instituto há pelo menos duas décadas, de modo informal, com iniciativas organizadas isoladamente pelas áreas fim do Instituto. Com a institucionalização dessas atividades, a DIEXC vem atuando para oferecer melhor infraestrutura e condições às áreas fim, científicas e tecnológicas do INPE, para que possam manter suas atividades de extensão e, ao mesmo tempo, estimular e fomentar novas iniciativas dessa natureza, com o objetivo de disseminar e divulgar o conhecimento produzido no INPE a diferentes setores da sociedade.

A disseminação do conhecimento, em um sentido mais amplo, necessariamente ocorre fazendo-se uso de uma linguagem específica, cuja utilização irá depender do contexto no qual está inserido e do tipo específico de audiência em questão. Vogt e Morales (2017), ao tratar da comunicação da ciência, sistematizaram em forma de gráfico (Fig. 1) a “representação da dinâmica e da relação entre os fatos, ações e eventos compreendidos pela cultura científica” chamando este gráfico de “espiral da cultura científica”. O gráfico apresenta quatro diferentes quadrantes, que podem ser compreendidos isoladamente quanto a produção da linguagem científica em relação ao conjunto, mas também observados em duplas (de quadrantes): dois deles separados pelo eixo vertical, nos quais se distinguem quantidades possíveis de portadores do discurso científico, denominando-os mono e polissêmicos; e o eixo horizontal, que diferencia a destinação do discurso científico em público esotérico (interno) e exotérico (externo) em relação ao ambiente científico.



Figura 1

Nosso interesse específico está centrado nos contextos referentes aos quadrantes 3, “Ensino para ciência”, e 4, “Divulgação científica”, cujo discurso científico se volta para a sociedade mais ampla (são os exotéricos), nos quais as atividades de extensão se inserem e tendo como públicos preferenciais professores e estudantes do ensino básico, mas em atividades extraclases, complementares ao ensino regular de sala de aula. Nesses contextos, há uma preocupação mais efetiva em relação a linguagens mais adequadas a serem adotadas, com destaque para o uso de metáforas, que ajudam a formação de imagens que auxiliem a decodificar a linguagem científica para o público leigo ou em fase de formação (ensino básico e universitário).

Nesse sentido, o papel do comunicador de ciência, no caso o próprio cientista do INPE ou ainda jornalistas e educadores, precisa desenvolver uma linguagem diferente daquela utilizada entre cientistas ou mesmo em salas de aula de pós-graduação, para fechar o circuito da comunicação, no qual o emissor (cientista, no caso) transmite uma informação, que deve ser apreendida pelo receptor (a sua audiência, o público). Essa linguagem deve ser elaborada de tal modo que não distorça o conteúdo científico a ser transmitido (ruído), e ao mesmo tempo deverá estar ao alcance da compreensão do público.

A ideia de se empreender a comunicação da ciência pode e deve ir um pouco mais além do que uma mera alfabetização científica. Na Inglaterra, desenvolveu-se o que se chama *public understanding of science*, e, em seguida, um conceito que é ligado ao anterior, mas um pouco diferente, que é o *public awareness of science*. Um é o entendimento público de ciência, e o outro é a consciência pública da ciência. Segundo Vogt et al (2022), nesses casos, o que está em jogo não é só a aquisição da informação científica, ou a possibilidade de acesso à informação, mas a formação do cidadão no sentido em que ele possa ter opiniões e uma visão crítica de todo o processo envolvido na produção e uso do conhecimento científico na e pela sociedade. Esse conceito relaciona-se à cultura científica que, por sua vez, pode modificar os modos de se fazer e pensar a própria divulgação.



Nesse contexto, pretende-se, com este projeto, estabelecer um sistema de avaliação das atividades e eventos de extensão do INPE, bem como da própria área de apoio à Extensão, sobre os diversos aspectos que devem estar presentes e atuantes sob a perspectiva de *public understanding of science* e da *public awareness of Science*, de forma a promover a cultura científica. Portanto, não somente sob a preocupação de ampliar e diversificar os meios de comunicar ciência, mas também de formar cidadãos conscientes sobre o papel social da ciência.

Da perspectiva institucional, este projeto de disseminação do conhecimento e divulgação científica tem como uma de suas referências o Objetivo 4, do Projeto 10 – Projeto Integrador do COCST para Mudanças Ambientais, do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na homepage do INPE. Também está diretamente relacionado ao Termo de Abertura de Programa – TAP, processo SEI no. 01340.000907/2022-02, que dispõe sobre o Programa INPE e Sociedade.

10.3.2 - Objetivo Geral

O principal objetivo desse projeto é desenvolver um sistema de avaliação das práticas e de recursos didáticos e de ensino, inseridos nos cursos e atividades de extensão, principalmente aqueles voltados a professores e estudantes do ensino básico (fundamental e médio), a partir da perspectiva de cultura científica e dos conceitos de *public understanding of science* e de *public awareness of Science*.

O projeto deverá contribuir com uma das principais missões institucionais do INPE, isto é, o fomento e a promoção da disseminação do conhecimento e divulgação científica de suas áreas de P&D.

Dessa forma, este projeto se vincula ao Plano Diretor (2022-2026), por meio de dois Objetivos Estratégicos: 1. Objetivo Estratégico OE-7, “Implementar programas institucionais de gestão de competências, promoção da cultura organizacional e de retenção do conhecimento científico e tecnológico”; e 2. Objetivo Estratégico OE-15: “Fortalecer a atuação do INPE em pós-graduação, pesquisa e extensão [...]” que visa “fortalecer o setor por meio de (...) metas voltadas (...) à promoção de eventos científicos, à promoção da aproximação tanto com o setor produtivo com vistas à formação de pessoas, quanto com a sociedade, pela via da extensão e serviços voluntários.”

Objetivo Específico 1:

Desenvolver sistema de avaliação de recursos paradidáticos utilizados em cursos de extensão, voltados a professores e alunos do ensino básico (fundamental e médio).

Objetivo Específico 2

Elaborar um guia contendo práticas e relação de recursos paradidáticos utilizados e a serem utilizados em um dos cursos de extensão do INPE e em salas de aula do ensino básico.

Objetivo Específico 3



Elaborar conteúdo para o portfólio dos cursos de extensão do INPE, na página da internet e intranet do SEATE/DIESC/COEPE, bem como produzir vídeos a serem utilizados para divulgar cursos e atividades de extensão.

10.3.3 - Insumos

10.3.3.1 – Custeio

Finalidade	Item de Custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)
Participação e apresentação do projeto em eventos científicos sobre avaliação de práticas e recursos didáticos da extensão do INPE	Diárias - R\$ 1.121,00 Passagens – R\$ 2.600,00	3.721,00

10.3.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quant
10.1.1	Profissional graduado em Comunicação Social ou áreas afins, com experiência em extensão e atividades de divulgação de ciência, tecnologia e inovação	Extensão e Divulgação Científica com material publicado em mídias digitais e impressas	1	D-D	6	1*

* Em havendo disponibilidade de novas bolsas para o Subprojeto, os candidatos subsequentes da lista de classificação poderão ser chamados.

10.3.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas/meses					
			01	02	03	04	05	06
Desenvolvimento de sistema de avaliação de práticas e recursos paradidáticos utilizados em cursos de extensão para voltados a professores e alunos do ensino básico	1	Protótipo de sistema de avaliação de práticas e recursos paradidáticos		X				
Produção de guia contendo práticas e relação de recursos paradidáticos utilizados e a serem utilizados em um dos cursos de extensão do INPE e em salas de aula do ensino básico.	2	Guia de práticas e recursos paradidáticos para uso em salas de aula do ensino básico						X



Elaboração de ementas e produção de vídeos de divulgação de extensão do INPE para a página da internet e intranet do SEATE/DIESC/COEPE	3	Página na Internet publicada e, pelo menos, 3 vídeos produzidos							X
--	---	---	--	--	--	--	--	--	---

10.3.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Metas/meses					
	01	02	03	04	05	06
Desenvolvimento de sistema de avaliação de práticas e recursos paradidáticos utilizados em cursos de extensão voltados a professores e alunos do ensino básico	X	X				
Produção de guia contendo práticas e relação de recursos paradidáticos utilizados e a serem utilizados em um dos cursos de extensão do INPE e em salas de aula do ensino básico.	X	X	X	X	X	X
Elaboração de ementas e produção de vídeos de divulgação de extensão do INPE para a página da internet e intranet do SEATE/DIESC/COEPE	X	X			X	X

10.3.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas/meses						
			01	02	03	04	05	06	
Sistema de Avaliação de práticas e recursos paradidáticos	1	Sistema online de avaliação de práticas e recursos paradidáticos implementado		X					
Guia de práticas e recursos didáticos para uso em sala de aula do ensino básico	2	Guia em formato digital							X
Página da internet e com descrição dos cursos de extensão do INPE	3	Página da Extensão na Internet publicada							X
Vídeos de apresentação de cursos de extensão	3	Pelo menos 3 vídeos de apresentação de cursos de extensão publicados na página da Internet da Extensão							X



10.3.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas/meses					
			01	02	03	04	05	06
Aplicação regular de avaliação de práticas e recursos paradidáticos na Extensão	1	Pesquisa regular de avaliação de recursos paradidáticos na extensão				X		
Distribuição a escolas da rede de ensino básico de guia de práticas e recursos paradidáticos	2	Números distribuídos de guias de práticas e recursos paradidáticos para uso em sala de aula do ensino básico						X
Divulgação mais ampla dos cursos de extensão do INPE, a partir da publicação da página da Extensão na Internet, com divulgação de vídeos dos cursos.	3	Números de acessos à página da extensão do INPE						X

10.3.8 - Recursos Solicitados

Custeio	Valor (R\$)
Diárias	1.121,00
Passagens	2.600,00
Total (R\$)	3.721,00

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00			
	C	3.380,00			
	D	2.860,00	6	1*	17.160,00
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					17.160,00



* Em havendo disponibilidade de novas bolsas para o Subprojeto, os candidatos subsequentes da lista de classificação poderão ser chamados.

10.3.9 - Equipe do Projeto

Paulo Augusto Sobral Escada
Priscilla Sousa Frigi Raimundi
José Paulo de Oliveira Barbosa
Arthur da Silva

10.3.10 - Referências Bibliográficas:

Vogt, C. (2003). A Espiral da Cultura Científica. *ComCiência*, 72.
<https://www.comciencia.br/dossies-1-72/reportagens/cultura/cultura01.shtml>

Vogt, C. (2010). Ciência e bem-estar cultural. *ComCiência*, 119.
<http://comciencia.scielo.br/pdf/cci/n119/a01n119.pdf>

Vogt, C. (2012). The spiral of scientific culture and cultural well-being: Brazil and Ibero-America. *Public understanding of science*, 21(1), 4–16. <https://doi.org/10.1177/0963662511420410>.

Vogt, C., MORALES; A. P. (2017). Espiral, cultura e cultura científica. *ComCiência*, 191.
<https://www.comciencia.br/espiral-cultura-e-cultura-cientifica/>

Ziman, J. (2001). Getting scientists to think about what they are doing. *Science and Engineering Ethics*, 7(2), 165–76. <https://doi.org/10.1007/s11948-001-0038-2>



PROJETO 10: PROJETO INTEGRADOR DO COCST PARA MUDANÇAS AMBIENTAIS

SubProjeto 10.4: Modelagem de dados e repositórios para atualização do Arquivo Digital do INPE

10.4.1 – Introdução

A Memória Científica do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), também conhecida como Biblioteca Digital da Memória Técnico Científica do INPE – BDMCI, é o acervo institucional que contém toda produção científica do INPE desde a criação da então Comissão Nacional de Atividades Espaciais (CNAE) em 1963.

Em 1990 o INPE começou a implementação de uma base de dados referencial sobre sua produção técnico-científica. Essa foi iniciada nas áreas de Sensoriamento Remoto e Processamento de Imagens, com recursos de infraestrutura do próprio Instituto. O software adotado foi o MICRO-ISIS com a metodologia LILACS/ISIS.

Em 1995, o INPE começou a usar o software URLibService para a montagem e manutenção de um Arquivo digital (conhecido também como Biblioteca Digital) com acervos distribuídos no modelo do padrão URLib. Esse software permite a disponibilização dos textos completos por meio do protocolo http (Hypertext Transfer Protocol) e dos metadados por meio dos protocolos http e OAI-PMH (Open Archives Initiative - Protocol for Metadata Harvesting), e garante a persistência de links entre documentos depositados em seus acervos locais, independente do acervo hospedeiro do documento alvo.

Um dos destaques do URLibservice é oferecer uma solução para o problema dos vínculos de citações. Qualquer que seja o local físico onde se encontra um documento no acervo da Biblioteca Digital, seu acesso é persistente. Outro fator está no sistema de revisão on line de teses e dissertações e na edição automática para anais de eventos realizados pelo Instituto. Além disso, todos os registros possuem nos resultados formatos para exportação, incluindo formato para referências bibliográficas NBR 6023 da ABNT. Por meio do sistema é possível a importação do Curriculum Lattes dos autores do Instituto.

A plataforma também permite a elaboração de indicadores de produção científica para o Relatório do “Termo de Compromisso de Gestão (TCG)” pactuados entre o Instituto e o Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação como o ITESE (Indicador de Teses e Dissertações), IPUB (índice de publicações), IGPUB (índice geral de publicações) e o IAL (índice de acesso livre às publicações).

Além da produção científica, a BDMCI também recebe documentos como notícias do INPE na mídia, fotografias, vídeos e documentos arquivísticos sobre a história do Instituto.

Até o dia 25 de março de 2024 o acervo da BDMCI registrou 85.165 referências, 78.435 das quais tendo um link para o texto completo. A tabela abaixo apresenta o total de publicações por tipo de documento.



Tipo de publicação	Total de Referências	Com Texto completo
Artigos em revista	13.912	13.444
Artigos em congresso	33.592	28.660
Teses e dissertações	3.884	3.851
Livros editados	236	211
Livros (incluindo MAN, PUD e NTC)	1.801	1.656
Capítulos de livros	1.461	1.256
Relatórios	5.015	4.940
Patentes	15	4
Programas de computador	166	164
Dados de pesquisa	1.774	1.774
Clippings	19.013	19.012
Miscelania	1.149	1.127
Fotografias	753	752
Filmes e vídeos	275	258
E-prints	384	377
Slides	1.055	1.030
Unidades arquivísticas	281	54
Documentos administrativos	96	96
Resumé pesquisadores	561	561

Apesar da utilidade da plataforma e potencial uso por outros provedores de informações (ex. unidades de pesquisa do MCTI) o design da mesma usa ferramentas de difícil manutenção – atualmente só pode ser mantida por um servidor aposentado e um transferido para outra divisão. Faz-se preciso então um estudo para a modernização da mesma e o início da implementação em uma nova plataforma e linguagem.

Este projeto se insere no Projeto 10 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na homepage do INPE.

10.4.2 - Objetivo Geral

O principal objetivo desse projeto é revisar a documentação existente sobre a BDMCI visando adequar as bases de dados gerenciadas pela mesma para uso por uma linguagem de programação moderna, o que facilitaria o desenvolvimento de novos módulos e funcionalidades e a portabilidade da plataforma para ambientes mais fáceis de serem gerenciados.



Objetivo Específico 1: Analisar o conjunto de metadados usados pelo BDMCI e produzir documentação sobre os metadados, em particular indicando que outros metadados devem ser incorporados, visando interoperabilidade com outros sistemas internos e externos ao INPE (ex. plataformas Lattes, Sucupira).

Objetivo Específico 2: Projetar um aplicativo para ingestão dos metadados usados pelo BDMCI para uso em linguagem orientada a objetos moderna, usando um gerenciador de bancos de dados NoSQL.

Objetivo Específico 3: Projetar uma primeira interface web de consulta aos metadados ingeridos.

10.4.3 - Insumos

10.4.3.1 – Custeio

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

10.4.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quant
10.4.1	Profissional com diploma de nível superior em ciências da Computação, Análise de Sistemas, Biblioteconomia ou áreas afins e com experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação	Biblioteconomia ou desenvolvimento de sistemas Web usando Java ou Python, MongoDB, MySQL ou variantes	1	D-D	6	1*

* Em havendo disponibilidade de novas bolsas para o Subprojeto, os candidatos subsequentes da lista de classificação poderão ser chamados.

10.4.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas/meses					
			01	02	03	04	05	06
Analisar o conjunto de metadados usados pelo BDMCI e produzir documentação sobre os metadados, em particular indicando que outros metadados devem ser incorporados, visando interoperabilidade com outros sistemas internos e externos ao INPE (ex. plataformas Lattes, Sucupira).	1	Relatórios sobre os metadados do BDMCI, metadados de outras plataformas de conhecimento/publicações.	X	X	X			



Projetar um aplicativo para ingestão dos metadados usados pelo BDMCI para uso em linguagem orientada a objetos moderna, usando um gerenciador de bancos de dados NoSQL.	2	Aplicativo projetado; base de metadados instalada.			X	X		
Projetar uma primeira interface web de consulta aos metadados ingeridos.	3	Interface web projetada.					X	X

10.4.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Metas/meses					
	01	02	03	04	05	06
Análise do conjunto de metadados	X	X				
Projeto do aplicativo de ingestão			X	X		
Projeto do aplicativo de consulta				X	X	X

10.4.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas/meses					
			01	02	03	04	05	06
Relatório sobre metadados	1	Relatórios, procedimentos		X				
Aplicativo de ingestão	2	Projeto, procedimentos para implementação, banco de dados configurado				X		
Aplicativo de consulta	3	Projeto, procedimentos para instalação, servidor de aplicações instalado						X

10.4.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas/meses					
			01	02	03	04	05	06
Relatório sobre metadados	1	Relatórios, procedimentos publicados				X		
Aplicativo de ingestão	2	Projeto, procedimentos para implementação publicados, banco de dados configurado						X



Aplicativo de consulta	3	Projeto, procedimentos para instalação publicados, servidor de aplicações instalado						X
------------------------	---	---	--	--	--	--	--	---

10.4.8 - Recursos Solicitados

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

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00			
	C	3.380,00			
	D	2.860,00	6	1*	17.160,00
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					17.160,00

* Em havendo disponibilidade de novas bolsas para o Subprojeto, os candidatos subsequentes da lista de classificação poderão ser chamados.

10.4.9 - Equipe do Projeto

Rafael Santos
 Simone Angelica Del Ducca Barbedo
 Clayton Martins Pereira

10.4.10 - Referências Bibliográficas:

Biblioteca Digital da Memória Científica do INPE (BDMCI): dpi.inpe.br/banon-pc2@1905/2005/12.07.19.19 v6 2012-05-19

MANUAL DE PROCEDIMENTOS TÉCNICOS E OPERACIONAIS DA PLATAFORMA URLIB: <http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3QG4UUP>



-
- [1] K.E. Whitener, P.E. Sheehan, Graphene synthesis, *Diamond and Related Materials*. 46 (2014) 25–34. <https://doi.org/10.1016/j.diamond.2014.04.006>.
- [2] Y. Xu, K. Sheng, C. Li, G. Shi, Self-assembled graphene hydrogel via a one-step hydrothermal process, *ACS Nano*. 4 (2010) 4324–4330. <https://doi.org/10.1021/nn101187z>.
- [3] A.R. Siamaki, A.E.R.S. Khder, V. Abdelsayed, M.S. El-Shall, B.F. Gupton, Microwave-assisted synthesis of palladium nanoparticles supported on graphene: A highly active and recyclable catalyst for carbon–carbon cross-coupling reactions, *Journal of Catalysis*. 279 (2011) 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.jcat.2010.12.003>.
- [4] H.-P. Cong, X.-C. Ren, P. Wang, S.-H. Yu, Macroscopic Multifunctional Graphene-Based Hydrogels and Aerogels by a Metal Ion Induced Self-Assembly Process, *ACS Nano*. 6 (2012) 2693–2703. <https://doi.org/10.1021/nn300082k>.
- [5] C. Wu, X. Huang, X. Wu, R. Qian, P. Jiang, Mechanically Flexible and Multifunctional Polymer-Based Graphene Foams for Elastic Conductors and Oil-Water Separators, *Advanced Materials*. 25 (2013) 5658–5662. <https://doi.org/10.1002/adma.201302406>.
- [6] H. Chen, M.B. Müller, K.J. Gilmore, G.G. Wallace, D. Li, Mechanically Strong, Electrically Conductive, and Biocompatible Graphene Paper, *Advanced Materials*. 20 (2008) 3557–3561. <https://doi.org/10.1002/adma.200800757>.
- [7] W. Chen, S. Li, C. Chen, L. Yan, Self-Assembly and Embedding of Nanoparticles by In Situ Reduced Graphene for Preparation of a 3D Graphene/Nanoparticle Aerogel, *Advanced Materials*. 23 (2011) 5679–5683. <https://doi.org/10.1002/adma.201102838>.
- [8] Y. Xu, W. Hong, H. Bai, C. Li, G. Shi, Strong and ductile poly(vinyl alcohol)/graphene oxide composite films with a layered structure, *Carbon*. 47 (2009) 3538–3543. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2009.08.022>.
- [9] Y. Qian, I.M. Ismail, A. Stein, Ultralight, high-surface-area, multifunctional graphene-based aerogels from self-assembly of graphene oxide and resol, *Carbon*. 68 (2014) 221–231. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2013.10.082>.
- [10] J. Liang, Y. Wang, Y. Huang, Y. Ma, Z. Liu, J. Cai, C. Zhang, H. Gao, Y. Chen, Electromagnetic interference shielding of graphene/epoxy composites, *Carbon*. 47 (2009) 922–925. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2008.12.038>.
- [11] I. Zaman, H.-C. Kuan, J. Dai, N. Kawashima, A. Michelmore, A. Sovi, S. Dong, L. Luong, J. Ma, From carbon nanotubes and silicate layers to graphene platelets for polymer nanocomposites, *Nanoscale*. 4 (2012) 4578–4586. <https://doi.org/10.1039/C2NR30837A>.
- [12] S.G. Miller, J.L. Bauer, M.J. Maryanski, P.J. Heimann, J.P. Barlow, J.-M. Gosau, R.E. Allred, Characterization of epoxy functionalized graphite nanoparticles and the physical properties of epoxy matrix nanocomposites, *Composites Science and Technology*. 70 (2010) 1120–1125. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2010.02.023>.
- [13] Z. Qin, G.S. Jung, M.J. Kang, M.J. Buehler, The mechanics and design of a lightweight three-dimensional graphene assembly, *Science Advances*. 3 (n.d.) e1601536. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1601536>.



-
- [14] G. Gorgolis, D. Karamanis, Solar energy materials for glazing technologies, *Solar Energy Materials and Solar Cells*. 144 (2016) 559–578.
<https://doi.org/10.1016/j.solmat.2015.09.040>.
- [15] A.C. Pierre, G.M. Pajonk, Chemistry of Aerogels and Their Applications, *Chem. Rev.* 102 (2002) 4243–4266. <https://doi.org/10.1021/cr0101306>.
- [16] N. Yoshizawa, H. Hatori, Y. Soneda, Y. Hanzawa, K. Kaneko, M.S. Dresselhaus, Structure and electrochemical properties of carbon aerogels polymerized in the presence of Cu²⁺, *Journal of Non-Crystalline Solids*. 330 (2003) 99–105.
<https://doi.org/10.1016/j.jnoncrysol.2003.08.041>.
- [17] F. Meng, X. Zhang, B. Xu, S. Yue, H. Guo, Y. Luo, Alkali-treated graphene oxide as a solid base catalyst: synthesis and electrochemical capacitance of graphene/carbon composite aerogels, *J. Mater. Chem.* 21 (2011) 18537–18539.
<https://doi.org/10.1039/C1JM13960F>.
- [18] Z.-S. Wu, A. Winter, L. Chen, Y. Sun, A. Turchanin, X. Feng, K. Müllen, Three-Dimensional Nitrogen and Boron Co-doped Graphene for High-Performance All-Solid-State Supercapacitors, *Advanced Materials*. 24 (2012) 5130–5135.
<https://doi.org/10.1002/adma.201201948>.
- [19] X. Zhang, Z. Sui, B. Xu, S. Yue, Y. Luo, W. Zhan, B. Liu, Mechanically strong and highly conductive graphene aerogel and its use as electrodes for electrochemical power sources, *J. Mater. Chem.* 21 (2011) 6494–6497.
<https://doi.org/10.1039/C1JM10239G>.
- [20] N. Job, A. Théry, R. Pirard, J. Marien, L. Kocon, J.-N. Rouzaud, F. Béguin, J.-P. Pirard, Carbon aerogels, cryogels and xerogels: Influence of the drying method on the textural properties of porous carbon materials, *Carbon*. 43 (2005) 2481–2494.
<https://doi.org/10.1016/j.carbon.2005.04.031>.