

EDITAL Nº 27/2021/SEI-INPE

Chamada Pública 02/2021 Programa de Capacitação Institucional - PCI

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

1 – Objeto

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

1.1 – Projetos de Pesquisa a serem apoiados:

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

CÓDIGO	SUBPROJETO	MODALIDADE	LOCALIDADE
1.1.1	Aprimoramento e Validação de Produtos de Sensoriamento Remoto para Monitoramento do fogo na vegetação	DC	São José dos Campos
2.1.1	Pesquisa e Desenvolvimento de um sistema de controle e monitoração de equipamentos eletrônicos das Estações Terrenas de Cuiabá e Alcântara envolvidos no controle e monitoração de satélites.	DC	Cuiabá
4.1.1	Desenvolvimento de Injetores de Propelentes Gelificados	DA	Cachoeira Paulista
4.2.1	Simulação/Otimização para Caracterização de Materiais Absorvedores de Radiação Eletromagnética (MARE) em Espaço Livre e guiado via software.	DA	São José dos Campos
4.3.1	Desenvolvimento de um Propulsor de Plasma Pulsado para Satélites e Sondas Espaciais	DA	Cachoeira Paulista

5.1.1	Caracterização dos estados espectrais do candidato a buraco negro 1E 1740.7-2942 em função dos parâmetros físicos de sua coroa de elétrons	DB	São José dos Campos
5.2.1	Análise de Compatibilidade dos Requisitos Científicos da Carga Útil da Missão GSST com a Plataforma Multimissão (PMM)	E1	São José dos Campos
5.3.1	Planejamento do comissionamento do instrumento SPARC4	DB	São José dos Campos
5.4.1	Derivação de modelos 3D de condutividade elétrica do interior da Terra para modelagem de correntes geomagneticamente induzidas.	DB	São José dos Campos
6.1.1	Adaptação dos ambientes de simulação que serão utilizados no Laboratório de Modelagem e Simulação da Dinâmica e do Controle em Malha Fechada de Órbita e Atitude de Veículos Espaciais (Lab MSDC - Atitude e Órbita).	DB	São José dos Campos
7.1.1	Alternativa metodológica utilizando machine learning para o monitoramento do Bioma Pampa utilizando Sensor SAR e Óptico	DC	Santa Maria
7.2.1	Aprendizado de máquina (ML-machine learning) utilizando classificação pelo algoritmo Random Forest – RF com sensores ópticos no monitoramento do Bioma Pampa	DC	Santa Maria
8.1.1	Sistema automatizado de cálculo da matriz final de alinhamento óptico em sistemas espaciais	DB	São José dos Campos
8.2.1	Desenvolvimento do Banco de Teste Elétrico (EGSE) para Montagem, Integração e Testes do Satélite Amazonia 1B	DD	São José dos Campos

8.3.1	Desenvolvimento do Banco de Teste Elétrico (EGSE) para Montagem, Integração e Testes do Satélite Amazonia 1B	DE	São José dos Campos
8.4.1	Desenvolvimento do Setup Mecânico do Sistema Modular Utilizando Lâmpadas Infravermelhas, para Imposição de Cargas Térmicas Orbitais em Sistemas Espaciais8.4.1	DB	São José dos Campos
9.1.1	Atividades de Prospecção, Ensaio e Desenvolvimento do Componente Atmosférico e de Superfície Continental para Ecossistemas Brasileiros, e da Infraestrutura de Gerenciamento de Software	DB	Cachoeira Paulista
9.1.2	Atividades de Prospecção, Ensaio e Desenvolvimento do Componente Atmosférico e de Superfície Continental para Ecossistemas Brasileiros, e da Infraestrutura de Gerenciamento de Software	DB	Cachoeira Paulista
9.1.3	Atividades de Prospecção, Ensaio e Desenvolvimento do Componente Atmosférico e de Superfície Continental para Ecossistemas Brasileiros, e da Infraestrutura de Gerenciamento de Software	DC	Cachoeira Paulista
9.2.1	Avaliação do impacto das observações com potencial à serem assimiladas no Sistema Comunitário de Modelagem Unificado do Sistema Terrestre	DB	Cachoeira Paulista

1.2 – Do detalhamento dos projetos:

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

2 – Cronograma

FASES	DATA
Inscrições	de 27/09/2021 a 01/10/2021
Prazo para impugnação da Chamada	Até 28/09/2021
Divulgação preliminar das inscrições homologadas	06/10/2021
Prazo para interposição de recurso administrativo das inscrições homologadas	08/10/2021
Divulgação final das inscrições homologadas	14/10/2021
Divulgação do resultado preliminar	A partir de 03/11/2021
Prazo para interposição de recurso administrativo do resultado preliminar	02 dias úteis após a divulgação do resultado preliminar
Resultado final (a ser ratificado pelo CNPq após indicação do bolsista na plataforma integrada Carlos Chagas)	Até dia 10/11/2021

3 – Critérios de Elegibilidade

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

3.2 – Quanto ao Proponente:

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

3.2.1.1 – Bolsa PCI-D

- a) Ser brasileiro ou estrangeiro residente e em situação regular no País;
- b) ter seu currículo cadastrado na Plataforma Lattes, **atualizado em maio/2021** até a data limite para submissão da proposta;
- c) Ter perfil e experiência adequados à categoria/nível de bolsa PCI da proposta, conforme anexo I da RN

026/2018;

d) Não ter tido vínculo empregatício direto ou indireto ou ter sido aposentado pela mesma instituição executora do projeto;

e) Não acumular a bolsa pleiteada com outras bolsas de longa duração do CNPq ou de qualquer outra instituição brasileira ou estrangeira, na data de indicação do bolsista aprovado;

f) Não possuir parentesco com ocupantes de funções gratificadas da Instituição, em atendimento ao disposto pela Lei nº 8.027, 12/04/1990, pelo Decreto nº 6.906, de 21/07/2009 e pelo Decreto 7.203/2010 de 04/06/2010;

g) Não possuir vínculo celetista ou estatutário ou ser microempresário individual (MEI) ou sócio administrador de empresa, 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.

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

Estrada 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

4 – Recursos Financeiros

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

5 – Itens Financiáveis

5.1 – Bolsas

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

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

6 – Submissão da Proposta

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

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

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

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

6.3 – Esclarecimentos e informações adicionais acerca desta Chamada podem ser obtidos pelo endereço eletrônico pci.programa@inpe.br ou pelo telefone (12) 3208-7646 ou 3208-7280.

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

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

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

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

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

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

7 – Julgamento

7.1 – Critérios do Julgamento

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

Critérios de análise e julgamento		Peso	Nota
A	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 proposta será aferida pela média ponderada das notas atribuídas para cada item.

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

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

7.2 – Etapas do Julgamento

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

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

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

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

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

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

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

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

a) aprovação; ou

b) não aprovação.

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

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

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

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

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

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

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

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

8 – Resultado Preliminar do Julgamento

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

9 – Recursos Administrativos

9.1 – Recurso Administrativo do Resultado Preliminar do Julgamento

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

10 – Resultado Final do Julgamento pela Diretoria

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

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

11 – Comissão de Enquadramento

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

12 – Execução das Propostas Aprovadas

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

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

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

13 – Da Avaliação

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

14 – Impugnação da Chamada

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

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

14.2 – A impugnação deverá ser dirigida à Direção do INPE, através do "Formulário Recurso", disponível em <http://www.inpe.br/pci/arquivos/formulario-de-Recurso.pdf>, por correspondência eletrônica, para o endereço eletrônico pci.programa@inpe.br, seguindo as normas do processo administrativo federal.

15 – Validade da Chamada Pública e Projetos

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

15.2 – Todos os projetos, desta Chamada Pública, tem vigência de 2 meses, em decorrência da disponibilidade de recursos financeiro. Em havendo disponibilidade de recursos financeiros, a partir de fevereiro de 2022, parte ou o total dos projetos/bolsas, descrito neste Edital, poderão ser prorrogadas até 31/12/2023.

16 – Disposições Gerais

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

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

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

São José dos Campos, 27 de setembro de 2021.

(assinado eletronicamente)

Clézio Marcos De Nardin

Diretor do INPE



Documento assinado eletronicamente por **Clezio Marcos De Nardin, Diretor do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**, em 27/09/2021, às 16:02 (horário oficial de Brasília), com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <http://sei.mctic.gov.br/verifica.html>, informando o código verificador **8144326** e o código CRC **1DB51382**.



Anexo I do Edital Nº 27/2021



Projeto 1: Pesquisa e Desenvolvimentos com Base em Dados de Sensoriamento Remoto aplicados à Caracterização e Monitoramento de Ecossistemas do Território Nacional

Subprojeto 1.1: Aprimoramento e Validação de Produtos de Sensoriamento Remoto para Monitoramento do fogo na vegetação.

1.1.1 – Introdução

O Programa de Monitoramento dos Biomas Brasileiros (BiombrasBR) se insere no contexto institucional e missão do INPE, em conformidade com as atribuições regimentais da Coordenação Geral de Ciências da Terra. O projeto BiombrasBR consta do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 444327/2018-5, disponível na página do INPE. Neste contexto, os objetivos relacionados com o monitoramento de queimadas devem ser atendidos por meios de aprimoramento no mapeamento de áreas queimadas nos biomas Brasileiros. Portanto, este subprojeto propõe atender os objetivos de monitoramento de fogo dentro do projeto BiombrasBR.

O objetivo geral do projeto BiombrasBR é: manter e expandir seus sistemas operacionais atuais de monitoramento e agregar processos inovadores. Com isso, permitindo o monitoramento de mudanças da cobertura terrestre, a contabilidade de carbono, a quantificação da poluição atmosférica e dos riscos climáticos para as principais atividades econômicas. Está no escopo atingir o objetivo aprimorando ferramentas de processamento e disseminação de dados e intensificando o treinamento e a capacidade técnica dos recursos humanos. Desta forma, está vinculado diretamente às diretrizes estratégicas do INPE.

O Projeto BiombrasBR apresenta os seguintes objetivos específicos:

1. Produzir e manter as séries históricas de dados fundamentais sobre o uso e cobertura da terra e queimadas em todos os biomas do país.
2. Integrar os dados gerados de uso e cobertura da terra e queimadas com dados de outras fontes e modelos para gerar produtos críticos para subsidiar a elaboração e a evolução metodológica utilizadas para documentos essenciais para o planejamento estratégico e a relatoria nacional e internacional das metas para o desenvolvimento sustentável, com aplicação em diferentes setores da economia.
3. Produzir em escalas temporais da ordem de dias a anos dados espaciais georreferenciados sobre a climatologia, as emissões de gases de efeito estufa, especialmente CO₂, e aerossóis atmosféricos provenientes das conversões da cobertura da terra e queimadas no Brasil.
4. Desenvolver e disponibilizar indicadores de riscos à produtividade agrícola, à estabilidade dos recursos ambientais, à saúde humana e dos biomas associados à modificações ambientais, associadas às mudanças da cobertura da terra e a presença de poluentes provenientes das queimadas.



5. Produzir indicadores do risco de impacto das mudanças climáticas em setores chaves à economia do país, relacionando a vulnerabilidade e exposição desses setores e dos sistemas sociais e ambientais às variações climáticas e mudanças nos usos e cobertura da terra;
6. Produzir e incorporar tecnologias críticas essenciais para gerar, processar, disseminar os resultados para a sociedade.
7. Promover a formação de recursos humanos especializados visando manter a perenidade do Estado Brasileiro na execução das ações propostas no BiomasBR-MCTI e conduzir programas de ciências ambientais vinculados às ações acima descritas para a sociedade civil em geral, mas com foco especial nas escolas públicas.

Diante das necessidades geradas para atingir os objetivos do projeto, o mapeamento de áreas queimadas demonstrou-se um gargalo relevante com necessidade de aprimoramento. O monitoramento do fogo é desenvolvido desde 1998 pelo Programa Queimadas no INPE. Este programa desenvolve o monitoramento de queimadas/incêndios no continente sul americano e estudos e pesquisas sobre o mapeamento de áreas queimadas. A partir de 2015, o programa passou a operar e disponibilizar o mapeamento da área queimada para o bioma Cerrado usando imagens orbitais de baixa (1 km) e média resolução (30 m), correspondente aos produtos *aq1km* e *aq30m*, respectivamente (INPE, 2021). Contudo, mapeamentos de área queimada em outros biomas ainda precisam ser implementadas, visto que características fitofisionômicas e edafoclimáticas reservam peculiaridades que devem ser consideradas na metodologia de mapeamento em cada bioma. O próximo desafio é estender a operação para outros biomas, gerando mapas digitais das áreas de vegetação queimada de forma automática, com auditoria de controle de qualidade e validação.

Para atender a demanda atual e emergencial, considerando que a bolsa será inicialmente de 2 meses, foi planejado um conjunto de atividades para serem executadas neste período, visando atender uma demanda técnico/científica do programa Biomas BR. No entanto, existem demandas e possibilidades de ampliação destas atividades para seguirem produzindo conhecimento científico específico para outras áreas, períodos e técnicas empregadas.

1.1.2 - Objetivo Geral

O objetivo deste projeto PCI é gerar polígonos de áreas queimadas de referência considerando as passagens do ano 2021 usando imagens do satélite Landsat-8 seguindo um plano estatístico para garantir a melhor representatividade dos resultados para o bioma Cerrado. A partir desse mapeamento, será possível executar a validação da base de dados de área queimada do produto AQ30m para ampliar a maturidade dos produtos com publicações científicas. Para tanto, será necessário atingir os seguintes objetivos específicos:

- A. Estabelecer um plano amostral para a estimativa de precisão dos mapeamentos de área queimada;



B. Validar o produto de área queimada para o bioma Cerrado.

1.1.3 – Insumos

1.1.3.1 – Custeio

Para a demanda atual, considerando bolsas de 2 meses, não se pleiteia valores de custeio.

Entretanto o Projeto PCI Biomas BR vislumbra a necessidade 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\$)

1.1.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria /nível	Meses	Quantidade
1.1.1	Profissional com 5 (cinco) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior ou com grau de mestre.	Qualquer das áreas Interdisciplinares a seguir: Sensoriamento Remoto ou áreas correlatas	A e B	D-C	2	1

1.1.4 - Atividades de Execução

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



1. Desenvolver um painel amostral para definir a estratégia de validação e assim determinar quais imagens serão utilizadas na próxima atividade;
2. Gerar os dados de área queimada de referência conforme desenho amostral definido na etapa anterior;

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2021	2022	2023	2024	2025
1	A-B	Definição de um plano amostral para validação, com indicação de um conjunto de imagens para o processo de auditoria.	x	x			
2	A-B	Disponibilização de um conjunto de polígonos de referência de áreas queimadas.	x	x			

1.1.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Meses									
	2021		2022		2023		2024		2025	
	1	2								
1	x	x								
2	x	x								

1.1.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2021	2022	2023	2024	2025
Definição de um plano amostral para validação, com indicação de um conjunto de imagens para o processo de auditoria	A	Relatório com definição de um modelo amostral para validação com indicação de um conjunto de imagens para o processo de auditoria.	x				
Mapas de cicatrizes de áreas queimadas	A	Dados organizados em shapefiles.	x	x			

1.1.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2021	2022	2023	2024	2025
Conjunto de polígonos de referência para áreas queimadas que poderão ser utilizados para aprimoramento de novas metodologias e validação dos dados atuais.	A	Dados organizados em shapefiles.	x	x			

1.1.8 - Recursos Solicitados

1.1.8.1 Custeio:

Custeio	Valor (R\$)
Diárias	
Passagens	



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

1.1.8.2 Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade e (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00			
	C	3.380,00	2	1	6.760,00
	D	2.860,00			
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					6.760,00

1.1.9 - Equipe do Projeto

- Fabiano Morelli <fabiano.morelli@inpe.br>
- Thales Sehn Körting <thales.korting@inpe.br>
- Marcos Adami <marcos.adami@inpe.br>

1.1.10 - Referências Bibliográficas

[1] INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Programa Queimadas: Área Queimada. Disponível em: <<http://www.inpe.br/queimadas/portal/destaque/area-queimada>>. Acesso em: 09 ago. 2020.

Projeto 2: Centro de Rastreamento e Controle de Satélites

Subprojeto 2.1: Pesquisa e Desenvolvimento de um sistema de controle e monitoração de equipamentos eletrônicos das Estações Terrenas de Cuiabá e Alcântara envolvidos no controle e monitoração de satélites.

2.1.1 – Introdução

Este subprojeto faz parte do **PROJETO 02** do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 444327/2018-5, disponível no site do INPE na web. Está relacionado ao Termo de Abertura de Projeto – TAP *Planejamento das Missões* (SEI 01340.004090/2021-52).

As atividades de rastreamento e controle de satélites são planejadas e realizadas pelo Centro de Rastreamento e Controle de Satélites (COCRC), que é um conjunto integrado de instalações, sistemas e equipes dedicados ao rastreamento e controle de veículos espaciais desenvolvidos pelo INPE ou em cooperação com instituições estrangeiras. O COCRC é constituído pelas seguintes unidades:

- Centro de Controle de Satélites (CCS), em São José dos Campos, SP;
- Estação Terrena de Rastreamento e Controle de Cuiabá (ETC), MT e
- Estação Terrena de Rastreamento e Controle de Alcântara (ETA), MA.

A infraestrutura de rastreamento e controle de satélites de baixa altitude (até 2000 km) do COCRC/ INPE deve ser continuamente preservada e atualizada. As atividades de rastreamento e controle de veículos espaciais são imprescindíveis para que os dados gerados por estes veículos possam ser utilizados adequadamente, levando à sociedade importantes benefícios nas áreas de monitoramento ambiental, meteorologia, oceanologia, agricultura, geologia, hidrologia, desenvolvimento tecnológico, telecomunicações, navegação, localização, estudo da atmosfera, estudo de mudanças climáticas, clima espacial, química da atmosfera, entre outras. Para manter suas atividades atuais e futuras de controle de veículos espaciais em nível tecnológico compatível com outros centros internacionais similares, o COCRC mantém um processo contínuo de pesquisa e desenvolvimento em atualização tecnológica



de sistemas de controle de satélites (hardware, software aplicativo de tempo real e de dinâmica de voo), planejamento e automação das ações de controle em órbita, desenvolvimento de técnicas de gerenciamento de configuração, tanto de procedimentos operacionais quanto de software e capacitação de seu quadro de pessoal.

Dentro desse contexto, e considerando a obsolescência de parte dos equipamentos eletrônicos envolvidos no rastreamento e controle de satélites, foi realizado um processo amplo de aquisições de novos equipamentos/subsistemas nos anos de 2018 e 2019 nas estações terrenas de Cuiabá e Alcântara, visando principalmente uma atualização tecnológica de alguns equipamentos sistemas de Rádio Frequência (RF) e processamento de sinais em Banda Base (BB), tais como: conversores descendentes, conversores ascendentes, amplificadores de potência e chaves matriciais de comutação em frequência Intermediária (FI).

Essa atualização do hardware requer também uma atualização do presente sistema computacional de Monitoramento e Controle dos parâmetros operacionais dos equipamentos em tempo real, tendo em vista os padrões atuais mais modernos das interfaces de comunicação que acompanham esses equipamentos. Além disso, torna-se necessário uma adequação da linguagem de programação ora utilizada por uma linguagem mais moderna (com recursos WEB) e mais adaptada à necessidade de operação remota e de multiusuários exigida na atual configuração de operação dos satélites.

2.1.2 - Objetivo Geral

O objetivo geral é a participação no desenvolvimento de um novo sistema de controle e monitoramento em tempo real de parâmetros operacionais dos equipamentos envolvidos no rastreamento e controle de satélites das estações terrenas do CRC em Cuiabá e Alcântara, incluindo nesse novo sistema um maior nível de automatização operacional das atividades de apontamento e rastreamento das antenas.

Objetivos Específicos:

- 1) Elaboração de documentação que contemple as fases de requisitos, análise, projeto, codificação e testes dos aplicativos de um novo aplicativo de Controle e Monitoração de equipamentos das estações terrenas;
- 2) Planejamento, desenvolvimento e codificação de softwares de configuração, testes, monitoração e controle da Estação Terrenas do CRC;
- 3) Elaboração e execução de plano de testes.
- 4) Criar, gerenciar e manter uma nova base de banco de dados computacionais relativos aos parâmetros operacionais;
- 5) Confeção de manuais de instalação e de usuários, relatórios técnicos dos aplicativos desenvolvidos;
- 6) Auxiliar na manutenção e atualização da infraestrutura de rede de comunicação que interliga os equipamentos de controle;

2.1.3 - Insumos

2.1.3.1 – Bolsa

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
2.1.1	Profissional formado em Engenharia ou Tecnólogo em computação ou áreas afins, com 5 (cinco) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do	Programação, Manipulação e análise de dados, testes de software, testes de interface homem/máquina e suporte.	1	D-C	2	1

	diploma de nível superior ou com grau de mestre.					
--	--	--	--	--	--	--

2.1.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	2021	2022	2023
			X	X	X
Estudar a rotina operacional de uma estação de rastreo e controle.	1	Estudo realizado	X		
Estudar o princípio de funcionamento dos equipamentos de RF e Banda Base.	1	Estudo realizado	X		
Estudar os diversos padrões de interfaces de comunicação encontradas nos equipamentos de controle: ethernet, RS-232, RS-422, RS-485.	1	Estudo realizado	X		
Levantar as necessidades operacionais e definir os requisitos do sistema de controle.	1	Documento de requisitos criado	X		
Realizar estudo teórico e pesquisar metodologias de propagação de órbita de satélites	1	Pesquisa realizada	X		
Avaliar as linguagens de programação e o software de banco de dados com licença disponível na instituição.	1	Avaliação realizada	X		



Documentar as fases de análise, desenvolvimento e de codificação do sistema.	1	Documentação de desenvolvimento criada	X		
Desenvolver um protótipo de sistema de software para controle e monitoração de uma ET.	2	Protótipo desenvolvido		X	
Realizar testes funcionais do protótipo desenvolvido, utilizando dados reais dos equipamentos instalados em uma das Estações Terrenas.	2	Protótipo testado		X	
Desenvolver o produto final do sistema de software para controle e monitoração de uma ET.	2			X	
Realizar testes funcionais do produto final desenvolvido, utilizando dados reais dos equipamentos instalados em uma das Estações Terrenas.	3				X
Confeccionar relatório técnico do projeto.	1 e 2	Relatório confeccionado			X

2.1.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	2021		2022		2023	
	1	2	1	2	1	2
Estudar a rotina operacional de uma estação de rastreamento e controle.						
Estudar o princípio de funcionamento dos equipamentos de RF e Banda Base.						
Estudar os diversos padrões de interfaces de comunicação encontradas nos equipamentos de controle: ethernet, RS-232, RS-422, RS-485.						
Levantar as necessidades operacionais e definir os requisitos do sistema de controle.						
Realizar estudo teórico e pesquisar metodologias de propagação de órbita de satélites.						
Avaliar as linguagens de programação e o software de banco de dados com licença disponível na instituição.						
Documentar as fases de análise, desenvolvimento e de codificação do sistema.						

Desenvolver um protótipo do sistema de software para controle e monitoração de uma ET.						
Realizar testes funcionais do protótipo desenvolvido, utilizando dados reais dos equipamentos instalados em uma das Estações Terrenas.						
Desenvolver o produto final do sistema de software para controle e monitoração de uma ET.						
Realizar testes funcionais do produto final desenvolvido, utilizando dados reais dos equipamentos instalados em uma das Estações Terrenas.						
Confeccionar relatório técnico do projeto.						

2.1.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	2021	2022	2023
			Documentação dos requisitos de usuários	1	Documento de requisitos criado

<p>Documentação das fases de análise, desenvolvimento e de codificação do sistema.</p>	<p>1</p>	<p>Documentação criada e aprovada</p>	<p>Elaboração da documentação:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cronograma Macro - Arquitetura do sistema. - Diagramas de interação - Diagrama de Classes - Diagrama de atividades - Diagrama de estados - Modelo de dados - Sistemas e componentes externos - Implementação 		
<p>Elaboração de Protótipo do sistema de software para controle e monitoração de uma ET.</p>	<p>2</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Iniciar estudo teórico 	<ul style="list-style-type: none"> -Finalizar estudo teórico; -Iniciar o desenvolvimento de um protótipo de sistema de software para determinação de órbita via GPS. - Protótipo desenvolvido 	

Plano de testes	3			- Plano de testes elaborado e aprovado	
Execução do plano de testes.	3			- Apresentação do relatório de testes	
Documentação técnica do produto final e manual de usuário	5				- Apresentação da documentação do produto final
- Relatório Técnico	5			- Iniciar a confecção de relatório técnico.	- Finalizar a confecção de relatório técnico.

2.1.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Sistema de controle e monitoração de parâmetros e grandezas físicas de equipamentos das estações terrenas de rastreamento e controle de satélites	1,2,3,4,5	Quantidade de parâmetros				X	



Confecção de documentação anterior e posterior ao desenvolvimento	1,2,3,4,5	Número de manuais				X	
---	-----------	-------------------	--	--	--	---	--

O resultado macro esperado é a obtenção de um sistema de controle e monitoração de parâmetros e grandezas físicas de equipamentos das estações terrenas de rastreamento e controle de satélites do INPE, cuja necessidade se originou devido a recente atualização tecnológica em parte dos seus sistemas de hardware (Subsistema de RF e de banda Base).

Outro resultado esperado é a confecção de documentação anterior e posterior ao desenvolvimento, de modo a auxiliar em futuros ajustes, correções e modificações derivadas da inserção de novos equipamentos.

2.1.8 - Recursos Solicitados

2.1.8.1 Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00			
	C	3.380,00	2	1	6.760,00
	D	2.860,00			
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					6.760,00

2.1.9 - Equipe do Projeto

Glauber Paz Miranda
Eder Teodoro Cardozo
Advailson Geraldo Pinto (Supervisor)

Projeto 4: Desenvolvimento e Pesquisa em Propulsão

Subprojeto 4.1: Desenvolvimento de Injetores de Propelentes Gelificados

4.1.1 – Introdução

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

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

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

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

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

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

Os injetores são os elementos responsáveis pela atomização dos propelentes, gerando sprays dentro da câmara de combustão de um motor foguete. A formação de um spray resulta da ação das forças de inércia, 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.

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

Relativamente poucos estudos existem na literatura sobre os processos de atomização de propelentes “green” e sobre a atomização conjunta de líquidos e géis. A pesquisa proposta visa, portanto, a realização de estudo teórico-experimental da atomização de líquidos e géis, para melhor entendimento dos processos de atomização desses fluidos, bem como o desenvolvimento de um injetor tipo pintle para aplicações em sistemas de propulsão espacial.

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

4.1.2 - Objetivo Geral

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

“Desenvolver produtos, processos, protótipos, softwares e técnicas 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 1: “Desenvolvimento de injetores de propelentes gelificados”.

4.1.3 - Insumos

4.1.3.1 – Custeio

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

4.1.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
4.1.1	Profissional com 10 (dez) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação, após a obtenção	Mecânica dos Fluidos ou Óptica	4.7	D-A	2	1

	do diploma de nível superior em Engenharia e Tecnologia Espaciais, Aeronáutica, Aeroespacial, Física, Engenharia Mecânica ou Engenharia 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.					
--	--	--	--	--	--	--

4.1.4 - Atividades de Execução

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

4.1.5 – Cronograma de Atividades

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

4.1.6 – Produtos

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

4.1.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023

Capacidade de anteprojeto de Injetor	4.7	Desenhos do injetor.				X	
--------------------------------------	-----	----------------------	--	--	--	---	--

4.1.8 - Recursos Solicitados

Não foram solicitados recursos de custeio.

4.1.8.1 Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00	2	1	10.400,00
	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\$)					10.400,00

4.1.9 - Equipe do Projeto

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

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

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

Danilo Almeida Machado – Doutorando ETE do INPE

Bolsista PCI – a definir

4.1.10 - Referências Bibliográficas

Bayvel, L., and Orzechowski, Z., *Liquid Atomization*, Taylor and Francis, London, 1993.

Ciezki, H. K., Zhukov, V., Werling, L., Kirchberger, C., Naumann, C., Friess, M., and Riedel, U., “Advanced Propellants for Space Propulsion – A Task Within the DLR Interdisciplinary Project “Future Fuels”,” *8th European Conference for Aeronautics and Space Sciences EUCASS*, pp. 1–13, 2019.

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

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



- Ibrahim, E.A. and Przekwas, A.J., 1991. "Impinging Jets Atomization". *Phys.Fluids A*, Vol. 3, No. 12, pp. 2981–2987.
- Kang, Z., Wang, Z., Li, Q., and Cheng, P., "Review on Pressure Swirl Injector in Liquid Rocket Engines," *Acta Astronautica*, Vol. 145, pp. 174–198, 2018.
- Khavkin, Y. I., *Theory and Practice of Swirl Atomizers*, Taylor and Francis, New York, 2004.
- Kirchberger, C., Kurilov, M., Stiefel, A., Freudenmann D., and Ciezki, H., "Investigations on Rheology, Spray and Combustion Processes of Gelled Propellants at DLR Lampoldshausen," *8th European Conference for Aeronautics and Space Sciences EUCASS*, pp. 1–11, 2019.
- Lefebvre, A. H., and McDonnell, V. G., *Atomization and Sprays*, 2nd ed., Taylor and Francis, London, 2017.
- Madlener, K., and Ciezki, H. K., "Estimation of Flow Properties of Gelled Fuels with Regard to Propulsion Systems," *Journal of Propulsion and Power*, Vol. 28, No. 1, pp. 113–121, 2012.
- Metzner, A. B., and Reed, J. C., "Flow of Non-Newtonian Fluids – Correlation of the Laminar, Transition, and Turbulent-Flow Regions," *AIChE Journal*, Vol. 1, No. 4, pp. 434–440, 1955.
- White, F. M., *Fluid Mechanics*, 8th ed., McGraw-Hill, New York, 2017.

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

Subprojeto 4.2: Simulação/Otimização para Caracterização de Materiais Absorvedores de Radiação Eletromagnética (MARE) em Espaço Livre e guiado via software.

4.2.1 – Introdução

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

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

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

Uma atividade de grande relevância no contexto do projeto foi desdobrada no subprojeto intitulado: Caracterização de Materiais Absorvedores de Radiação Eletromagnética (MARE) em Ensaio Eletromagnéticos de Propagação em Espaço Livre. Tais atividades compreendem a montagem, calibração e execução dos ensaios eletromagnéticos computacionais a serem desenvolvidos em um software como CST ou FEKO, 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 será



viabilizado em software de simulação através de ondas guiadas e em espaço livre. Os dados a serem simulados e otimizados terão como input os dados experimentais medidos em um Analisador de Rede Vetorial.

Atualmente o COPDT/MAPA dispõe de quatro (04) workstation onde estão instalados os softwares FEKO e CST onde serão realizadas as simulações. Com este projeto pretende-se reduzir drasticamente o número de experimentos laboratoriais e otimizar os processos de análises. Através das simulações será possível testar diferentes estruturas, monocamadas e multicamadas, otimizar diferentes espessuras e ainda diferentes estruturas visando superfície seletiva de frequência (FSS). Somente recentemente o INPE fez a aquisição do software CST e fizemos uma parceria com a empresa Altair para a utilização do software FEKO em simulações eletromagnéticas.

4.2.2 - Objetivo Geral

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

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

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

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

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

Objetivos gerais (OG):

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

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

Objetivos Específicos (OE)

Objetivo Específico 1: Design/Projeto, Montagem e Calibração das medições em software em dois sistemas guiado e em espaço livre.



Objetivo Específico 2: Simulação dos parâmetros eletromagnéticos (S_{11} , S_{22} , S_{12} e S_{21}), permeabilidade magnética e permissividade elétrica nos dois sistemas conforme OG-1 (guiado e em espaço livre).

Objetivo Específico 3: Otimização das espessuras, monocamadas e multicamadas para atender aos requisitos dos projetos, blindagem ou atenuação de ondas eletromagnéticas.

Objetivo Específico 4: Design de diferentes superfícies seletora de frequência (FSS) em espaço livre e a obtenção dos seus parâmetros eletromagnéticos.

Objetivo Específico 5: Otimização de diferentes FSS visando aplicações aeroespaciais em Espaço Livre, visando aplicações em radomes e blindagem de campo magnético.

Objetivo Específico 6: Análise e documentação de resultados dos ensaios.

Objetivo Específico 7: Capacitação da equipe envolvida.

4.2.3 - Insumos

4.2.3.1 – Custeio

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

4.2.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
4.2.1	Profissional com 10 (dez) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação, após a obtenção do diploma de nível superior em Ciências		1	D-A	2	1

	<p>e Tecnologias Espaciais; Engenharias, Física, Química, Tecnólogo, Ciência da Computação 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.</p>					
--	--	--	--	--	--	--

4.2.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2021	2022	2023	2024	2025
Atividade 1 – Design, em software, de um sistema guiado e em espaço livre para a obtenção dos parâmetros eletromagnéticos	1	Design – protótipo de guia de onda e espaço livre	X				
Atividade 2 – Simulação e otimização de materiais, obtidos experimentalmente, em sistema guiados e em espaço livre construídos em software.	1	Obtenção dos parâmetros eletromagnéticos	X				

4.2.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre										
	2021		2022		2023		2024		2025		
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
Atividade 1 – Design, em software, de um sistema guiado e em espaço livre para a obtenção dos parâmetros eletromagnéticos			X								
Atividade 2 – Simulação e otimização de materiais, obtidos experimentalmente, em sistema guiados e em espaço livre construídos em software.			X								

4.2.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2021	2022	2023	2024	2025
Produto 1 - Design, em software, de um sistema guiado e em espaço livre para a obtenção dos parâmetros eletromagnéticos	1	Relatório detalhado do procedimento de implementação e design dos sistemas guiados e espaço livre		X			
Produto 2 - Simulação e otimização de materiais, obtidos experimentalmente, em sistema guiados e em espaço livre construídos em software.	1	Relatório detalhado da implementação dos procedimentos para otimização de materiais visando aplicações aeroespaciais		X			

4.2.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2021	2022	2023	2024	2025
Resultado 1 - Relatório detalhado do procedimento de implementação e design dos sistemas guiado e espaço livre	1	Relatório-1		X			
Resultado 2 - Simulação e otimização de materiais, obtidos experimentalmente, em sistema guiados e em espaço livre construídos em software.	1	Relatório-2		X			

4.2.8 - Recursos Solicitados

4.2.8.1 - Custeio:

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

4.2.8.2 - Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00	2	1	10.400,00
	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\$)					10.400,00

4.2.9 –Equipe do Projeto

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

4.2.10 - 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 characterisation of materials by using transmission/reflection (T/R) devices,” Electron., vol. 6, no. 4, p. 27, 2017.
- [4] C.R. Paul, Introduction to electromagnetic compatibility, John Wiley & Sons, Inc., 2006
- [5] C. A. Balanis, Antenna Theory Analysis and Design, John Wiley & Sons, Inc., 2006



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

Subprojeto 4.3: Desenvolvimento de um Propulsor de Plasma Pulsado para Satélites e Sondas Espaciais

4.3.1 – Introdução

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

O TS-PPT é um propulsor único que visa aliar a simplicidade do PPT com uma tecnologia que aumenta a sua eficiência. Para isto o TS-PPT emprega duas descargas elétricas consecutivas em dois estágios: um localizado junto ao propelente sólido e outro localizado à jusante, distante do propelente. Entretanto, não se trata da mera colocação de um estágio extra em um PPT, já que vários aspectos devem ser levados em consideração para que se atinja a maior eficiência possível, entre eles, a distribuição de energia entre os estágios, o formato dos eletrodos, as distâncias entre os eletrodos, a interação do plasma com as correntes elétricas do primeiro e do segundo estágio, entre

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

outros aspectos. Até onde se tem notícia, este estudo e desenvolvimento é único no mundo.

4.3.2 – Histórico e Objetivo Geral

O objetivo geral deste projeto é o continuar o desenvolvimento de um protótipo de um propulsor de plasma pulsado de dois estágios (TS-PPT) para uso em satélites e sondas espaciais. O desenvolvimento e as pesquisas são realizados no Laboratório de Propulsão Elétrica Espacial (LPEL) do Laboratório de Combustão e Propulsão (LCP) do COPDT/CGIP em Cachoeira Paulista – SP. Uma fase inicial do projeto, que durou 21 meses, foi realizada conforme processo individual 300225/2021-0. Este processo foi terminado em razão da saída do bolsista PCI. Restam agora 39 meses dos 60 meses inicialmente previstos para a conclusão deste projeto.

Em função de restrições orçamentárias severas o presente projeto tem a intenção de avançar apenas 2 meses, dos 39 meses necessários para a conclusão do projeto. Portanto, os objetivos aqui citados são um subconjunto dos objetivos do projeto original supracitado.

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

Objetivos específicos:

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

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

4.3.3 - Insumos

4.3.3.1 – Custeio

Não existe previsão de custeio para este projeto.

4.3.3.2 – Bolsas

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

4.3.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Meses	
			1	2
Revisão Bibliográfica sobre DD-PPTs, sobre a balança de empuxo e sobre a câmara de vácuo do LPEL/LCP/COPDT/INPE. Revisão de teses, dissertações e artigos publicados pelo grupo de pesquisa em propulsão elétrica do INPE.	1	Relatório da revisão bibliográfica apresentado.	X	
Descrição da instalação de testes com diagrama de blocos.	2	Relatório contendo a descrição com diagrama de blocos de todos os componentes da instalação de testes		X

4.3.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Meses		
	1		2
Revisão bibliográfica sobre DD-PPTs	X	X	
Revisão bibliográfica sobre a balança de empuxo.		X	X
Revisão bibliográfica sobre as instalações de vácuo do LPEL.		X	X
Descrição por diagrama de blocos da instalação de testes: DD-PPT, balança de empuxo e sistemas de vácuo			X

4.3.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			Mês 2
Relatório de Revisão Bibliográfica do Projeto contendo diagrama de blocos de todos os componentes da instalação de testes do DD-PPT e da balança de empuxo.	1 e 2	Indicadores 1 e 2	X

4.3.7 – Resultados Esperados

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

4.3.8 – Recursos Solicitados

4.3.8.1 - Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00	2	1	10.400,00
	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\$)					10.400,00

4.3.9 - Equipe do Projeto



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

4.3.10 - Bibliografia relevante a este projeto:

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

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

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

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

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

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

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

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

Projeto 5: Pesquisa e Desenvolvimento em Ciências Espaciais e Atmosféricas

Subprojeto 5.1: Caracterização dos estados espectrais do candidato a buraco negro 1E 1740.7-2942 em função dos parâmetros físicos de sua coroa de elétrons.

5.1.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 5 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 444327/2018-5, disponível na página do INPE e está inserido no TAP “Localizador de Explosões Cósmicas de raios X (LECX/nanomirax)” (SEI: 01340.003565/2021-93).

O objeto candidato a buraco negro 1E 1740.7-2942 é conhecido por ser uma das fontes mais brilhantes em raios X duros (energias acima de cerca de 10 keV) da região do Centro Galáctico [1]. No contexto do modelo mais aceito [2] para explicar o espectro em raios X (energias acima de cerca de 0,5 keV) de buracos negros (ou candidatos a), considera-se a emissão observada oriunda de duas principais regiões: um disco de acreção, (i) e uma coroa de elétrons (ii), que é, em boa aproximação, um plasma de hidrogênio ionizado localizado próximo ao sistema. Até onde a emissão se dá em raios X duros, o balanço de energia, a função espectral de energia, entre outros, é função da coroa. Essa componente é bem caracterizada tão somente por dois parâmetros: sua temperatura (particularmente o mais importante dos dois) e a profundidade óptica (média, devida aos elétrons). A simples observação de um espectro de um buraco negro nestas energias já possibilita especular sobre estes dois parâmetros; no entanto, a caracterização da coroa, ou seja, tentativamente a ideia de se fixar, ou de se observar uma faixa dinâmica de valores possíveis para suas temperatura e opacidade, só pode ser feita por meio da análise sistemática de uma grande quantidade de espectros. Fortuitamente, existe uma base de dados disponível e de domínio público que nos proporciona espectros de alta qualidade para 1E 1740.7-2942: o telescópio IBIS, a bordo da missão INTEGRAL [3], monitora o céu em raios X duros desde 2003 e oferece, atualmente, a maior base de espectros do objeto.

5.1.2 - Objetivo Geral

O objetivo principal é realizar uma análise sistemática dos espectros disponíveis (fornecidos pela missão INTEGRAL) na tentativa de compreender melhor como os parâmetros da coroa de 1E 1740.7-2942 se comportam entre eles e qual a relação destes com o estado espectral da fonte, uma vez que os estados de emissão de buracos negros em sistemas binários têm sido historicamente discriminados em função do índice de lei de potência que ajusta a parte de maior energia (> 20 keV) de seus espectros em raios X [4]. Para atingir o Objetivo Geral deste projeto, serão realizados os seguintes objetivos específicos:

OE1) redução de forma homogênea de observações de 1E 1740.7-2942 disponíveis nos bancos de dados públicos da missão INTEGRAL.

OE2) análise espectral sistemática dos dados por meio da aplicação de modelos que descrevem a região da coroa em buracos negros.

OE3) estudo da correlação entre os parâmetros fornecidos pelos modelos para a caracterização da coroa em 1E 1740.7-2942 e melhor compreensão das variações (e suas razões) observadas nos estados espectrais do sistema.

5.1.3 - Insumos

5.1.3.1 – Custeio

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

5.1.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria /nível	Meses	Quantidade
5.1.1	Profissional com 7 (sete) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior em ciências exatas ou áreas afins; ou com título de doutor em Astrofísica ou área afim; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 4 (quatro)	Redução e análise espectral de dados astronômicos em raios X de missões espaciais	OE1, OE2 e OE3	D-B	2	1

	anos.					
--	-------	--	--	--	--	--

5.1.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
1. Estudar fontes cósmicas de raios X e gama através do uso de dados públicos de missões internacionais	OE1, OE2 e OE3	Trabalhos em revistas/congressos especializados			X		

5.1.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre									
	2019		2020		2021		2022		2023	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Apresentação dos resultados em congressos internacionais de relevância da área										

5.1.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			2019	2020	2021	2022
Divulgação científica em congressos ou similares	OE1, OE2 e OE3	Trabalhos em revistas/congressos especializados			X	

5.1.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Aumento do número de publicações científica para o cumprimento da Meta anual estabelecida para a CGCEA (Meta do Plano de Trabalho INPE-AEB-AO 20VB-PO 0009-2018).	OE1, OE2 e OE3	Trabalhos em revistas/congressos especializados			X		

5.1.8 - Recursos Solicitados

5.1.8.1 Custeio

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

5.1.8.2 Bolsa

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00	2	1	8.320,00
	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\$)					8.320,00

5.1.9 - Equipe do Projeto

Dr. Flavio D'Amico

5.1.10 - Referências Bibliográficas

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

[2]GILFANOV, M. X-ray emission from black-hole binaries. In: BELLONI, T. (Ed.). *Lecture Notes in Physics*. Berlin: Springer, 2010. v. 794, p. 17.

[3]WINKLER, C.; COCCO, G. D.; GEHRELS, N.; GIMÉNEZ, A.; GREBENEV, S.; HERMSEN, W.; MAS-HESSE, J.; LEBRUN, F.; LUND, N.; PALUMBO, G. et al. The integral mission. *Astronomy & Astrophysics*, EDP Sciences, v. 411, n. 1, p. L1–L6, 2003.

[4]REMILLARD, R. A.; MCCLINTOCK, J. E. X-ray properties of black-hole binaries. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, v. 44, p. 49–92, set. 2006.

[5]STECCHINI, P. E.; LEÃO, J.; CASTRO, M.; D'AMICO, F. On the behavior of the black hole candidate 1E 1740.7-2942's corona based on long-term integral database. *Astronomische Nachrichten*, v. 342, n. 315, p. 315-319, jan. 2021.



Projeto 5: Pesquisa e Desenvolvimento em Ciências Espaciais e Atmosféricas

Subprojeto 5.2 - Análise de Compatibilidade dos Requisitos Científicos da Carga Útil da Missão GSST com a Plataforma Multimissão (PMM)

5.2.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 5 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 444327/2018-5, 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 Objetivo Estratégico 5, do Plano Diretor 2016-2019 [1], prevê a realização de geração de conhecimento científico por meio de pesquisa básica e de tecnologias com desenvolvimento industrial na área de Ciências Espaciais e Atmosféricas. 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. No Plano de Trabalho celebrado entre o INPE e a Agência Espacial Brasileira (AEB), referente à Ação Orçamentária 20VB-PO 0009-2018 [2], constam metas quantitativas de realização de pesquisa científica, desenvolvimento instrumental e adequação de infraestrutura nestas áreas. Em particular, este plano de trabalho prevê o desenvolvimento, lançamento ou adequação de 4 instrumentos científicos desenvolvidos da área, a saber o instrumento Protomirax, Detector Schenberg, SPARC4 e Telescópio Solar/GSST. Este Plano de Trabalho é consonante com as metas existentes no Plano Diretor do INPE e servem para orientar os esforços científicos de pesquisa em Heliofísica do instituto. Também ligado a esta área há no Plano Direto do INPE o Objetivo Estratégico 9, referente 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 Ciências Espaciais 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

tido iniciado seu financiamento. O projeto tem planejamento de curto, médio e longo prazo, estando atualmente na fase de testes de protótipo. O projeto foi avaliado por comissões independentes nomeadas por Comitês Assessores nos anos de 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 e 2018, tendo sido sempre aprovado e financiado parcialmente. Este projeto tem como um de seus objetivos apoiar de forma parcial o projeto de desenvolvimento da Missão GSST/Telescópio Solar do INPE, através de um bolsista na área de engenharia.

5.2.2 - Objetivo Geral

O objetivo geral deste projeto é realizar uma análise de compatibilidade dos requisitos científicos da carga útil da Missão GSST com a Plataforma Multimissão (PMM).

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

OE1) Análise dos Requisitos Científicos da Missão GSST.

OE2) Análise da dos Requisitos e performance da Plataforma Missão.

OE3) Análise de compatibilidade dos requisitos científicos da carga útil da Missão GSST com a Plataforma Multimissão (PMM)

5.2.3 - Insumos

5.2.3.1 – 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	

5.2.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
5.2.1	Doutor em Engenharia, Geofísica Espacial ou áreas afins.com experiência efetiva mínima de 6 (seis) anos em projetos de P&D ou extensão inovadora, observadas nos últimos 10 (dez) anos, após a obtenção do título, comprovada por meio do Currículo Lattes nos campos Experiência Profissional e Projetos	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	1-3	E-1	2	1

5.2.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
1. Análise de Compatibilidade dos Requisitos Científicos da Carga Útil da Missão GSST com a Plataforma Multimissão (PMM)	1-3	Relatório técnico descrevendo a compatibilidade dos Requisitos Científicos da Missão GSST e a Plataforma Multimissão (PMM)			Análise de Compatibilidade Realizada		

5.2.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre										
	2019		2020		2021		2022		2023		
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
1. Análise de Compatibilidade dos Requisitos Científicos da Carga Útil da Missão GSST com a Plataforma Multimissão (PMM)											

5.2.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			2019	2020	2021	2022
Protótipo ou subsistema de Instrumento científico para observação em Heliofísica ou Astrofísica testado.	1-3	1 * Nº de relatórios			Relatório técnico descrevendo a compatibilidade dos Requisitos Científicos da Missão GSST e a Plataforma Multimissão (PMM)	

5.2.7 – Resultados Esperados



Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Contribuição para a realização de prospecção, concepção e elaboração de requisitos científicos e técnicos de instrumentos científicos para Ciências Espaciais (Meta 5.1 do Plano Diretor do INPE)	1-3	1 *No de prospecções, concepções e elaborações realizadas (Meta da CGCEA = 3 por PPA)			1	1	
Contribuição para o desenvolvimento de projetos de instrumentação científica em plataformas espaciais e no solo em Ciências Espaciais (Meta 5.2 do Plano Diretor do INPE)	1-3	1 * No de desenvolvimentos de projetos instrumentais			1	1	

5.2.8 - Recursos Solicitados

5.2.8.1 Custeio:

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

5.2.8.2 Bolsas:



PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00			
	C	3.380,00			
	D	2.860,00			
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00	2	1	R\$ 13.000,00
	2	4.550,00			
Total (R\$)					R\$ 13.000,00

5.2.9 - Equipe do Projeto

Alisson Dal Lago
Luis Eduardo Antunes Vieira
Marlos Rothenbach da Silva
Adriany Barbosa
Franciele Carlesso

5.2.10 - Referências Bibliográficas

- [1] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Plano Diretor do INPE 2016-2019: São José dos Campos, 2016.
- [2] Plano de Trabalho INPE-AEBE-TED 2018 - Ação 20VB e 20VC_ final (Documento SEI: 01340.001474), 2018.
- [3] [1] 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 5.3** - Planejamento do comissionamento do instrumento SPARC4

5.3.1 – Introdução

Este projeto prevê-se a contratação de um profissional para iniciar o planejamento do comissionamento científico 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 INPE, em seu Objetivo Estratégico 5, do Plano Diretor 2016-2019 [1], prevê a geração de conhecimento científico por meio de pesquisa básica e de tecnologias com desenvolvimento instrumental na área de Ciências Espaciais e Atmosféricas. As pesquisas e os desenvolvimentos nesta área têm por objetivo entender fenômenos físicos e químicos que ocorrem nas áreas de Aeronomia, Astrofísica e Geofísica Espacial. Como exemplo das metas associadas a essas atividades, podemos citar o Plano de Trabalho celebrado entre o INPE e a Agência Espacial Brasileira (AEB), referente à Ação Orçamentária 20VB-PO 0009-2018 [2], onde constam metas quantitativas de realização de pesquisa científica, desenvolvimento instrumental e adequação de infraestrutura nas áreas de Aeronomia, Astrofísica e Geofísica Espacial. Em particular, esse plano de trabalho incluiu o desenvolvimento, lançamento e/ou adequação de 4 instrumentos científicos desenvolvidos pelo INPE nas áreas acima, a saber, Protomirax, Detector Schenberg, SPARC4 e Telescópio Solar sendo consonante com as metas existentes no Plano Diretor do INPE [1] que servem para orientar os esforços científicos da área de Ciências Espaciais e Atmosféricas (CEA) do instituto. Portanto, o presente projeto, associado ao instrumento SPARC4, está completamente alinhado ao Plano Diretor do INPE e às metas pactuadas com as instituições governamentais da área.

O Projeto 5 do Documento “PCI 2019 – 2023” [3] apresenta as atividades da área de CEA que podem se beneficiar do Programa de Capacitação Institucional (PCI). Esse projeto tem como Objetivo Geral (OG) aumentar a capacitação institucional em desenvolvimento de software, desenvolvimento de instrumentação e provisão de recursos 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 para a sociedade. O presente projeto está vinculado ao Objetivo Específico 12 dedicado ao desenvolvimento do instrumento SPARC4.

O SPARC4 está em fase de construção e será instalado no telescópio de 1,60 m do Observatório do Pico dos Dias (OPD) do Laboratório Nacional de Astrofísica (LNA) também do MCTI. O projeto SPARC4 é liderado pela Divisão de Astrofísica (DIAST) do INPE, com uma forte colaboração do LNA. O instrumento SPARC4 caracteriza-se pela aquisição simultânea de imagens em



quatro bandas largas na região óptica do espectro eletromagnético, por resolução temporal de até décimos de segundo e por dois modos de operação: fotometria e polarimetria. Essa combinação faz com que o SPARC4 seja um instrumento bastante versátil, com um amplo leque de aplicações científicas, de modo que a expectativa é que exista uma grande demanda por observações com esse instrumento. O SPARC4 configura-se em uma melhoria significativa da instrumentação disponibilizada aos usuários do OPD e é esperado um aumento da produtividade desse observatório.

O instrumento SPARC4 está em fase final de construção. A usinagem foi concluída em 2020. Alguns subsistemas já foram montados e testados. Espera-se concluir a montagem e testes ainda em 2021. A integração deve ser concluída em 2022 de modo que se estima a primeira luz do instrumento para 2022 – 2023. Desse modo, estamos na época adequada, de acordo com a execução do projeto SPARC4, para realizar o planejamento do comissionamento do instrumento no telescópio. O comissionamento consiste em realizar observações que possam testar todos os modos do instrumento tanto do ponto de vista de funcionamento quanto do ponto de vista das características do sinal recebido. Por exemplo, é importante verificar se as imagens obtidas tem a qualidade esperada, se o sinal-ruído é o esperado, se existe instrumentação instrumental, para citar algumas propriedades do instrumentos que devem ser aferidas no comissionamento. Este projeto prevê-se a contratação de um profissional para iniciar o planejamento do comissionamento científico do instrumento SPARC4.

5.3.2 - Objetivo Geral

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

O objetivo específico deste projeto é:

OE1: O planejamento do comissionamento do instrumento SPARC4.

Este objetivo específico se realizará nas seguintes etapas/metodologias/atividades:

Meta 1.1: Produzir uma primeira versão do plano de comissionamento do instrumento SPARC4.

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

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria /nível	Meses	Quantidade
5.3.1	Formação em Astronomia, Física, Computação ou áreas afins, com 7 (sete) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior; ou grau de mestre há, no mínimo, 4 (quatro) anos; ou título de doutor.	Experiência em tratamento e análise de dados astronômicos	OE1	DB	2	1

5.3.4 - Atividades de Execução

Na tabela a seguir, utilizamos a numeração das metas listadas na seção 5.3.2.

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			01/2022				
Produzir uma primeira versão do plano de comissionamento do instrumento SPARC4.	OE1	Entrega de um documento com a primeira versão do planejamento do comissionamento	1.1	-	-	-	-

5.3.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre									
	2021		2022		2023		2024		2025	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Produzir uma primeira versão do plano de comissionamento do instrumento SPARC4.										

5.3.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2021	2022	2023	2024	2025
Publicação de Artigos em revistas indexadas de Astrofísica	1	Nº de artigos submetidos/período	0	0	-	-	-
Divulgação científica em congressos ou similares	1	Nº de pôsteres ou de apresentações orais apresentados no período	-	0	-	-	-

5.3.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2021	2022	2023	2024	2025
Contribuição para o desenvolvimento de projetos de instrumentação científica em plataformas espaciais e no solo em Ciências Espaciais (Meta 5.2 do Plano Diretor do INPE)	1	No de desenvolvimentos de projetos instrumentais	1	1	-	-	-

5.3.8 - Recursos Solicitados

5.3.8.1 Custeio:

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

5.3.8.2 Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00	2	1	8.320,00
	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\$)					8.320,00

5.3.9 - Equipe do Projeto

André Alves (LNA)
 Antonio M. Magalhães (USP)
 Antonio Pereyra (IGP/Peru)

Braulio de Albuquerque (INPE)
Cláudia Vilega Rodrigues (INPE) - Investigator principal
Clemens Gneiding (LNA)
Denis Bernardes (Unifei/LNA)
Eder Martioli (LNA)
Flavio Ribeiro (LNA)
Francisco J. Jablonski (INPE)
Jesulino Bispo (LNA)
Luciano Fraga (LNA)
Rene Laporte (INPE)
Valentino Lau (INPE)
Alex Carciofi (USP)
André de C. Milone (INPE)
Antonio M. Magalhães (USP)
Antonio Pereyra (IGP/Peru)
Cláudia Vilega Rodrigues (INPE)
Eder Martioli (LNA)
Francisco J. Jablonski (INPE)
Gabriel Franco (UFMG)
Joaquim E. R. Costa (INPE)
Karleyne M. G. da Silva (ESO)
Leonardo A. de Almeida (UFRN)
Luciano Fraga (LNA)
Marcelo Assafin (UFRJ)
Marcelo Borges Fernandes (Observatório Nacional/MCTIC)

5.3.10 – Referências Bibliográficas

- [1] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Plano Diretor do INPE 2016-2019: São José dos Campos, 2016.
- [2] Plano de Trabalho INPE-AEBE-TED 2018 - Ação 20VB e 20VC_ final (Documento SEI: 01340.001474), 2018.
- [3] 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.



Projeto 5: Pesquisa e desenvolvimento em Ciências Espaciais e Atmosféricas

Subprojeto 5.4 - Derivação de modelos 3D de condutividade elétrica do interior da Terra para modelagem de correntes geomagneticamente induzidas.

5.4.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 5 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 444327/2018-5, disponível na página do INPE e está inserido no TAP “Levantamento do mapa de condutividade do Brasil” (SEI número 01340.003261/2021-26).

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

Entre as áreas do serviço do Clima Espacial, a determinação regional do campo geoeletrico destaca-se uma vez que este parâmetro é considerado essencial para se caracterizar o impacto dos efeitos de Clima Espacial em redes de transmissão elétrica. Tais efeitos derivam da ocorrência de correntes geomagneticamente induzidas (GICs) geradas durante tempestades geomagnéticas intensas. Sabe-se que durante esses eventos extremos as GICs podem gerar suscetibilidade dos sistemas de geração de energia mesmo em baixas latitudes magnéticas.

Em princípio, as GICs podem ser medidas por amperímetros acoplados aos neutros de transformadores de subestações nas linhas de transmissão de energia. Porém, a impossibilidade prática de medir essas correntes em todos os pontos de contato dos sistemas tecnológicos aterrados tornou necessário o desenvolvimento de metodologias alternativas indiretas. O método mais usado baseia-se na determinação do campo geoeletrico induzido na superfície da Terra mediante a utilização de medidas de variações geomagnéticas em toda a região de interesse e do conhecimento da distribuição de condutividades em subsuperfície dessa mesma região. Uma vez determinado o campo geoeletrico, pode-se usar informações sobre a topologia e parâmetros elétricos das linhas de transmissão para calcular as GICs em qualquer ponto do sistema elétrico.

O monitoramento e a previsão desses fenômenos são essenciais para a prestação do serviço de clima espacial. Isso se deve ao fato desse serviço englobar desde uma análise científica do estado do Sol e meio interplanetário



para alimentar modelos de previsão necessários até a antecipação de danos aos sistemas embarcados em satélites, proteção de linhas de transmissão de energia de alta potência, comunicação, geo-referenciamento, dentre outros.

5.4.2 - Objetivo Geral

O objetivo geral desse projeto é estudar variações do campo geomagnético na rede de magnetômetros operada pelo programa Embrace para modelagem de correntes elétricas induzidas no solo. Para tanto, é necessário interpolar o campo geomagnético em qualquer ponto na região em estudo para, em seguida, calcular o campo geoeletrico induzido através da convolução dessas variações geomagnéticas com funções geofísicas de transferência da Terra (impedâncias) derivadas por levantamentos de indução eletromagnética que forneçam a distribuição da condutividade elétrica em subsuperfície. As atividades de obtenção do campo geoeletrico pressupõem, portanto, o monitoramento das variações geomagnéticas na superfície da Terra e o desenvolvimento de métodos de interpolação desse campo e a construção de modelos 3D regionais para a condutividade elétrica a partir de campanhas de medidas de indução eletromagnética. Por fim, modelos de engenharia são usados para calcular o efeito das correntes induzidas nos sistemas tecnológicos aterrados para detectar os pontos do sistema elétrico que estariam sujeitos a maiores riscos de GICs durante tempestades magnéticas.

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

Objetivo Específico 1: Obtenção e tratamento de dados obtidos pela rede de sensores de campo magnético do Embrace e campanhas de campo com métodos geofísicos de indução eletromagnética para construção de modelos 3D de condutividade elétrica. As seguintes atividades são necessárias:

1. Operação da rede de magnetômetros do Embrace;
2. Processamento preliminar dos dados geomagnéticos para minimização de ruídos e detecção de eventos com potencial para geração de GICs;
3. Campanhas de campo para aquisição de dados de indução eletromagnética em várias regiões de território brasileiro;
4. Processamento dos dados de indução eletromagnética para obtenção das funções de transferência entre os campos eletromagnéticos medidos;
5. Derivação de modelos 3D de condutividade elétrica através da inversão das funções de transferência no cluster do programa Embrace;
6. Publicação de boletins diários dos níveis de variação do campo magnético no território brasileiro.

Objetivo Específico 2: Obtenção de correntes geoeletricas induzidas durante tempestades magnéticas. Atividades a serem desenvolvidas:

1. Interpolação do campo geomagnético na superfície da Terra durante os eventos escolhidos;
2. Análise espectral do campo interpolado durante as tempestades magnéticas;

3. Convolução do espectro do campo magnético (domínio de frequência) com as funções de transferência (domínio de frequência) para obter o espectro do campo geoeletrico;
4. Transformada inversa de Fourier para obter o campo geoeletrico no domínio de tempo.

Objetivo Específico 3: Cálculo das GICs nos sistemas de transmissão de energia elétrica do país. As atividades são:

1. Definição dos parâmetros de engenharia a serem usados como representativos das linhas de transmissão (topologia e parâmetros elétricos);
2. Cálculo das GICs com o modelo de Lehtinen-Pirjola usando o campo geoeletrico calculado para a tempestade magnética;
3. Validação das GICs calculadas com aquelas medidas por sensores do Embrace instalados em subestações da rede elétrica, em conjunto com parceiros responsáveis pelas linhas de transmissão;
4. Aplicação operacional para cálculo automático das GICs uma vez medidos os campos geomagnéticos.

5.4.3 - Insumos

5.4.3.1 – Custeio

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

5.4.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
5.4.1	Formação em Física, Matemática ou áreas afins, com 7 (sete) anos de experiência em projetos científicos após a obtenção do diploma de nível superior, ou com título de mestre em qualquer área	Experiência no uso técnicas de modelagem do campo geoeletrico e domínio de linguagens computacionais: 1) Indução Eletromagnética: conhecimento sobre as	1	DB	2	1

	de Ciências Exatas e da Terra, há no mínimo a 4 (quatro) anos, ou de doutor em qualquer área de Ciências Exatas e da Terra.	funções de transferência dos métodos de indução eletromagnética (métodos MT e GDS), técnicas de obtenção de modelos 3D de condutividade elétrica e modelagem de campos geoeletricos. 2) Domínio das linguagens: C++, PYTHON e Sistema Linux					
--	---	--	--	--	--	--	--

5.4.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Desenvolvimento e implementação de interface amigável para análise de dados de indução eletromagnética	1	Software implementado e testado			Desenvolvimento de software para interface gráfica	Automatização no procedimento de processamento de dados	

5.4.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Mensal	
	2021/2022	
	Dez	Jan
Desenvolvimento de ferramentas numéricas de interface gráfica	X	
Implementação e teste de software desenvolvido		X



5.4.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Software para análise amigável de dados de indução eletromagnética	1	Software de processamento de dados implementado				Processamento automático de dados de indução eletromagnética	

5.4.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Otimização de ferramentas computacionais científicas visando aplicação operacional no programa Embrace	1	Software integrado implementado				X	

5.4.8 - Recursos Solicitados

5.4.8.1 Custeio:

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

5.4.8.2 Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00	2	1	8.320,00
	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\$)					8.320,00

5.4.9 - Equipe do Projeto

Joaquim Eduardo Rezende Costa, Lívia Ribeiro Alves, Antonio Lopes Padilha, Marcelo Banik de Pádua, Andrea Cristina Lima dos Santos Matos.

5.4.10 - Referências Bibliográficas

- [1] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Plano Diretor do INPE 2016-2019: São José dos Campos, 2016.
- [2] Plano de Trabalho INPE-AEBE-TED 2018 - Ação 20VB e 20VC_ final (Documento SEI: 01340.001474), 2018.

Projeto 6: Pesquisa e Desenvolvimento de Engenharia e Tecnologias para o Setor Espacial

Subprojeto 6.1 - Adaptação dos ambientes de simulação que serão utilizados no Laboratório de Modelagem e Simulação da Dinâmica e do Controle em Malha Fechada de Órbita e Atitude de Veículos Espaciais (*Lab MSDC - Atitude e Órbita*).

6.1.1 – Introdução

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

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

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

6.1.2 - Objetivo Geral

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

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

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

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

OE2- Auxiliar no desenvolvimento de estudos de casos, visando testar se os ambientes de simulação foram adequadamente instalados e adaptados para a versão do software de modelagem e simulação computacional adquirida, de maneira a capacitar o *Lab MSDC Órbita e Atitude* para colaborar com o INPE e a CGCE na pesquisa e desenvolvimento de sistemas de controle (ACDH) para satélites estabilizados em três eixos e o desenvolvimento de sistemas de controle de órbita e atitude (AOCS).

6.1.3 - Insumos

6.1.3.1 – Custeio

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

6.1.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
6.1.1	Profissional com 7 (sete) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do	Experiência em modelagem e simulação da dinâmica de órbita e/ou atitude de veículos espaciais.	1 e 2	DB	2	1

	diploma de nível superior em Engenharia, Física, Matemática ou áreas afins; ou com título de doutor em Engenharia e Tecnologia Espaciais; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 4 (quatro) anos.					
--	--	--	--	--	--	--

6.1.4 - Atividades de Execução

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

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
1. Estudo de Missões de Novos Satélites	1 e 2	-Artigos -Relatórios técnicos - Documentos -Valor executado de bolsas para a fase			Desenvolvimento de estudos de casos, visando testar se os ambientes de simulação foram adequadamente instalados e adaptados	Desenvolvimento de estudos de casos, visando testar se os ambientes de simulação foram adequadamente instalados e adaptados	

2. Especificação e implementação de Simuladores da Dinâmica de Satélites	1	-Artigos -Relatórios técnicos - Documentos -Valor executado de bolsas para a fase			Instalação e adaptação dos ambientes de simulação	Instalação e adaptação dos ambientes de simulação	
--	---	--	--	--	---	---	--

6.1.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre										
	2019		2020		2021		2022		2023		
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
1. Estudo de Missões de Novos Satélites											
2. Especificação e implementação de Simuladores da Dinâmica de Satélites											

6.1.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Algoritmo implementado	1 e 2	Algoritmo operacional Relatórios de testes Documentação de projeto			50%	50%	

6.1.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Capacitação tecnológica	1 e 2	Novos projetos			50%	50%	

6.1.8 - Recursos Solicitados

6.1.8.1 Custeio:



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

6.1.8.2 Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Mese s	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00	2	1	8.320,00
	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\$)					8.320,00

6.1.9 - Equipe do Projeto

Evandro Marconi Rocco

6.1.10 - Referências Bibliográficas

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



Projeto 7: Centros Regionais do Inpe

Subprojeto 7.1: Alternativa metodológica utilizando *machine learning* para o monitoramento do Bioma Pampa utilizando Sensor SAR e Óptico

7.1.1 – Introdução

A grande extensão territorial brasileira constituída por seis biomas terrestres e as intervenções humanas são decorrentes da época da colonização portuguesa nos ciclos econômicos do pau-brasil e posteriormente da cana-de-açúcar o que acarretou inicialmente a alteração do uso e cobertura da mata atlântica. Diversos ciclos econômicos e de colonização se passaram e os demais tipos florestais vem sofrendo ao longo do tempo com a alteração do seu uso e cobertura.

Com o intuito de monitorar estas alterações, a realização de um primeiro levantamento experimental data de 1979 a partir da análise das imagens do satélite norte-americano Landsat ou similares (Tardin et al., 1979), e a partir de 1988 o mapeamento ser torna anual com a criação do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES), o qual gera mapeamentos sistemáticos acompanhados de estimativas anuais da taxa de desmatamento na Amazônia Brasileira, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

A pressão advinda da sociedade brasileira, de organizações e governos internacionais pela conservação da Amazônia incentivaram a necessidade de obter-se informações por meio do levantamento rápido de alertas de evidências de alteração da cobertura florestal, para dar suporte a fiscalização, sendo lançado também pelo INPE em maio de 2004 o DETER, o qual utilizava imagens do sensor MODIS a bordo do satélite TERRA, de observação diária e com resolução espacial de 250 metros, capaz de detectar apenas alterações na cobertura florestal com área maior que 25 hectares. Em resposta a mudança no padrão de desmatamento (áreas menores), foi gradualmente substituído por imagens de sensores ópticos do CBERS-4 e AWIFS do satélite IRS (resolução espacial de 64 e 56 m, respectivamente), capaz de mapear além de áreas de desmatamento com dimensão mínima de 6,25 ha, também degradações e áreas de exploração madeireira (Diniz et al., 2015). Com avanço das geociências está sendo desenvolvido em caráter experimental um aprimoramento deste sistema, chamado de DETER intenso, integrando dados ópticos e imagens do sensor SAR a bordo do satélite Sentinel 1 (banda C) em uma plataforma webgis sem a necessidade de download de imagens e de SIGs específicos.

Atualmente, a necessidade de conhecimento das formas de uso e cobertura da terra na Amazônia a sua qualificação de áreas anteriormente desflorestadas fornecidas pelo PRODES culminaram na realização do projeto Terra Class, o qual investiga os motivos e aponta as possíveis causas da derrubada das árvores, levando em consideração o mapeamento de classes ligadas à atividades econômicas deste bioma (Almeida et al., 2016), realizado pelo INPE em conjunto com a Embrapa.

Em paralelo, em conjunto com a Fundação SOS Mata Atlântica o INPE monitora o desmatamento do bioma Mata Atlântica desde o ano de 1985 e de

forma anual à partir de 2010, identifica remanescentes florestais em estágios primário, médio e avançado de regeneração com ao menos 3 ha de área contínua bem preservada, neste bioma essenciais à conservação da biodiversidade no longo prazo (www.inpe.br).

Estes esforços advindos do acúmulo de conhecimento de monitoramentos em larga escala, especialmente da parceria entre o INPE e a Embrapa, e da necessidade de conhecimento de outros biomas fez com que iniciativas inovadoras no monitoramento do Bioma Cerrado ganhassem com o uso de imagens de satélite Landsat-8 (Scaramuzza et al., 2017).

Iniciativas de monitoramento de mudanças na cobertura da terra em larga escala do bioma Caatinga também vem sendo realizadas (Beuchle et al., 2015) em uma proposta de monitoramento realizado ao longo de um período de 20 anos.

Em específico para o bioma pampa, em uma iniciativa financiada pelo Fundo Amazônia (<http://www.fundoamazonia.gov.br/pt/home/>) como apoio a sistemas de monitoramento e controle do desmatamento em biomas afora a Floresta Amazônica, a Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais (FUNCATE) desenvolve metodologias de detecção de desmatamentos em uma série histórica bienal de desmatamento para o período de 2000 (mapa base) a 2010 para o cálculo do FREL (*Forest Reference Emission Level*).

Para o período de 2013-2020 os mapas anuais de áreas desmatadas tem como base um conjunto de imagens Landsat 8/OLI ou similares, na identificação de áreas de corte raso, ou seja, a retirada completa da cobertura florestal, maiores que 6,25 hectares (<http://biomas.funcate.org.br/projetos/pampa>) e servirão de base para as análises propostas neste projeto.

Em específico, monitoramentos de regiões com uso e cobertura complexas, ou seja, sujeitas a alterações decorrentes de fenômenos naturais, como as variações de maré na região amazônica tem utilizado imagens ópticas e também de sensores SAR como insumos em abordagens baseadas em aprendizado de máquina (*ML-machine learning*) tem sido explorada com relativo sucesso em mapeamentos de uso da terra, utilizando classificação pelo algoritmo *Random Forest - RF* (Guimarães et al., 2020).

Este subprojeto consta no Projeto 7 – CENTROS REGIONAIS DO INPE do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2019-2023, número 444327/2018-5, disponível na página do INPE.

7.1.2 - Objetivo Geral

Neste contexto das principais iniciativas de monitoramento realizadas, baseadas em alternativas técnicas e do avanço de plataformas de armazenamento, manipulação e controle espacial esta proposta de análise objetiva utilizar técnicas inovadoras de classificação baseadas em *machine learning* em específico o classificador *Random Forest* utilizando imagens e produtos derivados de sensores ópticos e SAR compatíveis com as resoluções já utilizadas nos mapeamentos em larga escala realizados no Brasil para o monitoramento do desmatamento do Bioma Pampa.



Objetivo Específico 1: Contribuir para a integração de novas tecnologias e ferramentas computacionais no programa de monitoramento dos biomas brasileiros.

Objetivo Específico 2: Gerar índices de vegetação de sensores ópticos e SAR bem como decomposições polarimétricas que servirão como atributos de entrada para o classificador *Random Forest*;

Objetivo Específico 3: Gerar a classificação das áreas desmatadas no bioma pampa;

...

Objetivo Específico 4: Gerar métricas de concordância para a avaliação do classificador utilizado.

7.1.3 - Insumos

7.1.3.1 – Custeio

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

7.1.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
7.1.1	Profissional com 5 (cinco) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior em Ciências Exatas, Computação, da Terra ou áreas afins, ou com grau de mestre.		1,4	D-C	2	1

7.1.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Criar rotinas para uso de imagens SAR no monitoramento da cobertura florestal	4	*Rotina à ser criada			Criação de rotina para uso de imagens SAR no monitoramento da cobertura florestal		
Gerar e cruzar os dados de NDVI com os resultados de serviços ecossistêmicos	1	*Gerar NDVI			Geração e cruzamento de dados de NDVI com os resultados de serviços ecossistêmicos.		

7.1.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre										
	2019		2020		2021		2022		2023		
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
Criar rotinas para uso de imagens SAR no monitoramento da cobertura florestal											
Gerar e cruzar os dados de NDVI com os resultados de serviços ecossistêmicos.											

7.1.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Produto 1 - Mapas de serviços ecossistêmicos do bioma Pampa	1	Indicador 1 - Publicação de artigos com os mapas de serviços ecossistêmicos do bioma Pampa.			Modelo e mapas expandidos para o Bioma Pampa.		

7.1.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Resultado 1 - Realizar o inventário e mapeamento dos serviços ecossistêmicos (SE) ao longo do bioma Pampa.	1,4	Indicador 1 - Publicação de artigos com os mapas de serviços ecossistêmicos do bioma Pampa.			Modelo e mapas do Bioma Pampa.		

7.1.8 - Recursos Solicitados

7.1.8.1 Custeio:

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

7.1.8.2 Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00			
	C	3.380,00	2	1	6.760,00
	D	2.860,00			
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					6.760,00

7.1.9 - Equipe do Projeto

Dr. Igor da Silva Narvaes; Dra. Tatiana Mora Kuplich; Dr. Cláudio Aparecido de Almeida.

7.1.10 - Referências Bibliográficas

- [1] Almeida, C. A. D.; Coutinho, A. C.; Esquerdo, J. C. D. M.; Adami, M.; Venturieri, A.; Diniz, C. G.; ... & Gomes, A. R. High spatial resolution land use and land cover mapping of the Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS data. **Acta Amazonica**, 46, p. 291-302. 2016.
- [2] Beuchle, R.; Grecchi, R. C.; Shimabukuro, Y. E.; Seliger, R.; Eva, H. D.; Sano, E.; Achard, F. Land cover changes in the Brazilian Cerrado and Caatinga biomes from 1990 to 2010 based on a systematic remote sensing sampling approach. **Applied Geography**, 58, p. 116-127. 2015.
- Braun, A.; Veci, L. **Sentinel-1 Toolbox - SAR Basics Tutorial**. 14p. 2021. Disponível em: <http://step.esa.int/docs/tutorials/S1TBX%20SAR%20Basics%20Tutorial.pdf> HYPERLINK "http://step.esa.int/docs/tutorials/S1TBX%20SAR%20Basics%20Tutorial.pdf"rial s/S1TBX%20SAR%20Basics%20Tutorial.pdf. Acesso: 18 de agosto de 2021.
- [3] Diniz, C. G.; de Almeida Souza, A. A.; Santos, D. C.; Dias, M. C.; da Luz, N. C.; de Moraes; D. R. V., ... & Adami, M. DETER-B: The new Amazon near real-time deforestation detection system. **IEEE Journal of selected topics in applied earth observations and remote sensing**, 8(7), p. 3619-3628. 2015.
- [4] Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais (FUNCATE). **Monitoramento Ambiental dos Biomas Brasileiros por Satélites. Mata Atlântica. Caatinga. Pampa. Pantanal.** Disponível em: <<http://biomas.funcate.org.br/projetos/pampa>>. Acesso: 18 de agosto de 2021.
- [5] Fundo Amazônia. "O Brasil cuida. O mundo apoia. Todos ganham". Disponível em: <<http://www.fundoamazonia.gov.br/pt/home/>>. Acesso: 18 de agosto de 2021.
- [6] Goergen, L. C. D. G.; Kilca, R. D. V.; Narvaes, I. D. S.; Silva, M. N.; Silva, E. A.; Pereira, R. S.; Adami, M. Distinção de espécies de eucalipto de diferentes idades por meio de imagens TM/Landsat 5. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 51, p. 53-60. 2016.
- [7] Goergen, L. C. G., Narvaes, I. S., Adami, M. Estimation of wood volume of Eucalyptus dunnii and urograndis of different ages using TM/Landsat 5. **Ciência Florestal**, 31(2), p. 683-704. 2021.
- [8] Guimaraes, U. S., Galo, M. D. L. B. T., da Silva Narvaes, I., & da Silva, A. D. Q. Cosmo-SkyMed and TerraSAR-X datasets for geomorphological mapping in the eastern of Marajó Island, Amazon coast. **Geomorphology**, 350, p. 106934. 2020.
- [9] Martins, F. D. S. R. V.; dos Santos, J. R.; Galvão, L. S.; Xaud, H. A. M. Sensitivity of ALOS/PALSAR imagery to forest degradation by fire in northern Amazon. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, 49, p. 163-174. 2016.
- [10] Narvaes, I. S. **Avaliação de dados SAR polarimétricos para a estimativa de biomassa em diferentes fitofisionomias de florestas tropicais**. 2010. Thesis (Remote Sensing) - INPE-MCTI.
- [11] Narvaes, I. D. S., dos Santos, J. R., & da Silva, A. D. Q. Analysis of structural parameters of forest typologies using L-band SAR data. **Boletim de Ciências Geodésicas**, 16(3). 2010.



- [12] Paradella, W. R.; Mura, J. C.; Gama, F. F. **Monitoramento *DinSAR* para Mineração e Geotecnia**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2021.
- [13] Ponzoni, F. J.; Shimabukuro, Y. E.; Kuplich, T. M. **Sensoriamento remoto da vegetação**. 2. ed. atual. ampl. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 176p.
- [14] Scaramuzza de Mattos, C. A.; Sano, E. E.; Adami, M.; Bolfe, E. L.; Coutinho, A. C.; Esquerdo, J. C. D. M., ... & Gustavo, B. S. Land-use and land-cover mapping of the Brazilian Cerrado based mainly on Landsat-8 satellite images. **Revista Brasileira de Cartografia**, 69(6). 2017.
- [15] Silva, C. A.; Santilli, G.; Sano, E. E.; Rodrigues, S. W. P. Análise qualitativa do desmatamento na Floresta Amazônica a partir de sensores SAR, óptico e termal. **Anuário do Instituto de Geociências**, 42(4), p. 18-29. 2020.
- [16] Tardin, A. T.; Rodrigues, J. E.; Abdon, M. M.; Novaes, R. A.; Chen, S. C.; Duarte, V.; Shimabukuro, Y. E.; Santos, A. P.; Lee, D. C. L.; Maia, F. C. S.; Mendonca, F. J.; Assuncao, G. V. **Levantamento de áreas de desmatamento na Amazônia Legal através de imagens do Satelite Landsat**. São José dos Campos: INPE, 1979, 62p. (INPE-1411-NTE/142).



Projeto 7: Centros Regionais do INPE

Subprojeto 7.2: Aprendizado de máquina (ML-*machine learning*) utilizando classificação pelo algoritmo *Random Forest* – RF com sensores ópticos no monitoramento do Bioma Pampa.

7.2.1 – Introdução

Diversos ciclos econômicos e de colonização se passaram e os biomas brasileiros vem sofrendo ao longo do tempo com a alteração do seu uso e cobertura.

Com o intuito de monitorar estas alterações, a realização de um primeiro levantamento experimental data de 1979 a partir da análise das imagens do satélite norte-americano Landsat ou similares (Tardin et al., 1979), e a partir de 1988 o mapeamento se torna anual com a criação do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES), o qual gera mapeamentos sistemáticos acompanhados de estimativas anuais da taxa de desmatamento na Amazônia Brasileira, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

A pressão advinda da sociedade brasileira, de organizações e governos internacionais pela conservação da Amazônia incentivaram a necessidade de obter-se informações por meio do levantamento rápido de alertas de evidências de alteração da cobertura florestal, para dar suporte a fiscalização, sendo lançado também pelo INPE em maio de 2004 o DETER, o qual utilizava imagens do sensor MODIS a bordo do satélite TERRA, de observação diária e com resolução espacial de 250 metros, capaz de detectar apenas alterações na cobertura florestal com área maior que 25 hectares. Em resposta a mudança no padrão de desmatamento (áreas menores), foi gradualmente substituído por imagens de sensores ópticos do CBERS-4 e AWIFS do satélite IRS (resolução espacial de 64 e 56 m, respectivamente), capaz de mapear além de áreas de desmatamento com dimensão mínima de 6,25 ha, também degradações e áreas de exploração madeireira (Diniz et al., 2015). Com avanço das geociências está sendo desenvolvido em caráter experimental um aprimoramento deste sistema, chamado de DETER intenso, integrando dados ópticos e imagens do sensor SAR a bordo do satélite Sentinel 1 (banda C) em uma plataforma webgis sem a necessidade de download de imagens e de SIGs específicos.

Atualmente, a necessidade de conhecimento das formas de uso e cobertura da terra na Amazônia a sua qualificação de áreas anteriormente desflorestadas fornecidas pelo PRODES culminaram na realização do projeto Terra Class, o qual investiga os motivos e aponta as possíveis causas da derrubada das árvores, levando em consideração o mapeamento de classes ligadas à atividades econômicas deste bioma (Almeida et al., 2016), realizado pelo INPE em conjunto com a Embrapa.

Em paralelo, em conjunto com a Fundação SOS Mata Atlântica o INPE monitora o desmatamento do bioma Mata Atlântica desde o ano de 1985 e de forma anual à partir de 2010, identifica remanescentes florestais em estágios primário, médio e avançado de regeneração com ao menos 3 ha de área

continua bem preservada, neste bioma essenciais à conservação da biodiversidade no longo prazo (www.inpe.br).

Estes esforços advindos do acúmulo de conhecimento de monitoramentos em larga escala, especialmente da parceria entre o INPE e a Embrapa, e da necessidade de conhecimento de outros biomas fez com que iniciativas inovadoras no monitoramento do Bioma Cerrado ganhassem com o uso de imagens de satélite Landsat-8 (Scaramuzza et al., 2017).

Iniciativas de monitoramento de mudanças na cobertura da terra em larga escala do bioma Caatinga também vem sendo realizadas (Beuchle et al., 2015) em uma proposta de monitoramento realizado ao longo de um período de 20 anos.

Em específico para o bioma pampa, em uma iniciativa financiada pelo Fundo Amazônia (<http://www.fundoamazonia.gov.br/pt/home/>) como apoio a sistemas de monitoramento e controle do desmatamento em biomas afora a Floresta Amazônica, a Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais (FUNCATE) desenvolve metodologias de detecção de desmatamentos em uma série histórica bienal de desmatamento para o período de 2000 (mapa base) a 2010 para o cálculo do FREL (*Forest Reference Emission Level*).

Para o período de 2013-2020 os mapas anuais de áreas desmatadas tem como base um conjunto de imagens Landsat 8/OLI ou similares, na identificação de áreas de corte raso, ou seja, a retirada completa da cobertura florestal, maiores que 6,25 hectares (<http://biomas.funcate.org.br/projetos/pampa>) e servirão de base para as análises propostas neste projeto.

Em específico, monitoramentos de regiões com uso e cobertura complexas, ou seja, sujeitas a alterações decorrentes de fenômenos naturais, como as variações de maré na região amazônica tem utilizado imagens ópticas e também de sensores SAR como insumos em abordagens baseadas em aprendizado de máquina (*ML-machine learning*) tem sido explorada com relativo sucesso em mapeamentos de uso da terra, utilizando classificação pelo algoritmo *Random Forest - RF* (Guimarães et al., 2020).

Esta técnica também vem sendo desenvolvida com sensores ópticos no monitoramento de áreas de pastagem na região amazônica, obtendo resultados promissores (Jakimow et al., 2018).

Este subprojeto consta no Projeto 7 – CENTROS REGIONAIS DO INPE do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2019-2023, número 444327/2018-5, disponível na página do INPE.

7.2.2 - Objetivo Geral

Neste contexto das principais iniciativas de monitoramento realizadas, baseadas em alternativas técnicas e do avanço de plataformas de armazenamento, manipulação e controle espacial esta proposta de análise objetiva utilizar técnicas inovadoras de classificação baseadas em *machine learning* em específico o classificador *Random Forest* utilizando imagens e produtos derivados de sensores ópticos compatíveis com as resoluções já utilizadas nos mapeamentos em larga escala realizados no Brasil para o monitoramento do desmatamento do Bioma Pampa.



Objetivo Específico 1: Contribuir para a integração de novas tecnologias e ferramentas computacionais no programa de monitoramento dos biomas brasileiros.

Objetivo Específico 2: Gerar índices de vegetação de sensores ópticos que servirão como atributos de entrada para o classificador *Random Forest*;

Objetivo Específico 3: Gerar a classificação das áreas desmatadas no bioma pampa;

...

Objetivo Específico 4: Gerar métricas de concordância para a avaliação do classificador utilizado.

7.2.3 - Insumos

7.2.3.1 – Custeio

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

7.2.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
7.2.1	Profissional com 5 (cinco) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior em Ciências Exatas, Computação, da Terra ou áreas afins, ou com grau		1	D-C	2	1

	de mestre.					
--	------------	--	--	--	--	--

7.2.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Gerar e cruzar os dados de NDVI com os resultados de serviços ecossistêmicos	1	*Gerar NDVI			Geração e cruzamento de dados de NDVI com os resultados de serviços ecossistêmicos.		
Atividade Testar e verificar o modelo e mapas para o Bioma Pampa	1	* testar e verificar o modelo			Testes e verificação do modelo e mapas para o Bioma Pampa		

7.2.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre									
	2019		2020		2021		2022		2023	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Gerar e cruzar os dados de NDVI com os resultados de serviços ecossistêmicos.										
Testar e verificar o modelo e mapas para o Bioma Pampa										

7.2.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Produto 1 - Mapas de serviços ecossistêmicos do bioma Pampa	1	Indicador 1 - Publicação de artigos com os mapas de serviços ecossistêmicos do bioma Pampa.			Modelo e mapas expandidos para o Bioma Pampa.		

7.2.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Resultado 1 - Realizar o inventário e mapeamento dos serviços ecossistêmicos (SE) ao longo do bioma Pampa.	1	Indicador 1 - Publicação de artigos com os mapas de serviços ecossistêmicos do bioma Pampa.			Modelo e mapas do Bioma Pampa.		

7.2.8 - Recursos Solicitados

7.2.8.1 Custeio:

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

7.2.8.2 Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00			
	C	3.380,00	2	1	6.760,00
	D	2.860,00			
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					6.760,00

7.2.9 - Equipe do Projeto

Dr. Igor da Silva Narvaes; Dra. Tatiana Mora Kuplich; Dr. Cláudio Aparecido de Almeida.

7.2.10 - Referências Bibliográficas

- [1] Almeida, C. A. D.; Coutinho, A. C.; Esquerdo, J. C. D. M.; Adami, M.; Venturieri, A.; Diniz, C. G.; ... & Gomes, A. R. High spatial resolution land use and land cover mapping of the Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS data. **Acta Amazonica**, 46, p. 291-302. 2016.
- [2] Beuchle, R.; Grecchi, R. C.; Shimabukuro, Y. E.; Seliger, R.; Eva, H. D.; Sano, E.; Achard, F. Land cover changes in the Brazilian Cerrado and Caatinga biomes from 1990 to 2010 based on a systematic remote sensing sampling approach. **Applied Geography**, 58, p. 116-127. 2015.
- Braun, A.; Veci, L. **Sentinel-1 Toolbox - SAR Basics Tutorial**. 14p. 2021. Disponível em: <http://step.esa.int/docs/tutorials/S1TBX%20SAR%20Basics%20Tutorial.pdf> HYPERLINK "http://step.esa.int/docs/tutorials/S1TBX%20SAR%20Basics%20Tutorial.pdf"rial s/S1TBX%20SAR%20Basics%20Tutorial.pdf. Acesso: 18 de agosto de 2021.
- [3] Diniz, C. G.; de Almeida Souza, A. A.; Santos, D. C.; Dias, M. C.; da Luz, N. C.; de Moraes; D. R. V., ... & Adami, M. DETER-B: The new Amazon near real-time deforestation detection system. **IEEE Journal of selected topics in applied earth observations and remote sensing**, 8(7), p. 3619-3628. 2015.
- [4] Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais (FUNCATE). **Monitoramento Ambiental dos Biomas Brasileiros por Satélites. Mata Atlântica. Caatinga. Pampa. Pantanal.** Disponível em: <<http://biomas.funcate.org.br/projetos/pampa>>. Acesso: 18 de agosto de 2021.
- [5] Fundo Amazônia. "O Brasil cuida. O mundo apoia. Todos ganham". Disponível em: <<http://www.fundoamazonia.gov.br/pt/home/>>. Acesso: 18 de agosto de 2021.
- [6] Goergen, L. C. D. G.; Kilca, R. D. V.; Narvaes, I. D. S.; Silva, M. N.; Silva, E. A.; Pereira, R. S.; Adami, M. Distinção de espécies de eucalipto de diferentes idades por meio de imagens TM/Landsat 5. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 51, p. 53-60. 2016.
- [7] Goergen, L. C. G., Narvaes, I. S., Adami, M. Estimation of wood volume of Eucalyptus dunnii and urograndis of different ages using TM/Landsat 5. **Ciência Florestal**, 31(2), p. 683-704. 2021.
- [8] Guimaraes, U. S., Galo, M. D. L. B. T., da Silva Narvaes, I., & da Silva, A. D. Q. Cosmo-SkyMed and TerraSAR-X datasets for geomorphological mapping in the eastern of Marajó Island, Amazon coast. **Geomorphology**, 350, p. 106934. 2020.
- [9] Martins, F. D. S. R. V.; dos Santos, J. R.; Galvão, L. S.; Xaud, H. A. M. Sensitivity of ALOS/PALSAR imagery to forest degradation by fire in northern Amazon. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, 49, p. 163-174. 2016.
- [10] Narvaes, I. S. **Avaliação de dados SAR polarimétricos para a estimativa de biomassa em diferentes fitofisionomias de florestas tropicais**. 2010. Thesis (Remote Sensing) - INPE-MCTI.
- [11] Narvaes, I. D. S., dos Santos, J. R., & da Silva, A. D. Q. Analysis of structural parameters of forest typologies using L-band SAR data. **Boletim de Ciências Geodésicas**, 16(3). 2010.



- [12] Paradella, W. R.; Mura, J. C.; Gama, F. F. **Monitoramento DinSAR para Mineração e Geotecnia**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2021.
- [13] Ponzoni, F. J.; Shimabukuro, Y. E.; Kuplich, T. M. **Sensoriamento remoto da vegetação**. 2. ed. atual. ampl. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 176p.
- [14] Scaramuzza de Mattos, C. A.; Sano, E. E.; Adami, M.; Bolfe, E. L.; Coutinho, A. C.; Esquerdo, J. C. D. M., ... & Gustavo, B. S. Land-use and land-cover mapping of the Brazilian Cerrado based mainly on Landsat-8 satellite images. **Revista Brasileira de Cartografia**, 69(6). 2017.
- [15] Silva, C. A.; Santilli, G.; Sano, E. E.; Rodrigues, S. W. P. Análise qualitativa do desmatamento na Floresta Amazônica a partir de sensores SAR, óptico e termal. **Anuário do Instituto de Geociências**, 42(4), p. 18-29. 2020.
- [16] Tardin, A. T.; Rodrigues, J. E.; Abdon, M. M.; Novaes, R. A.; Chen, S. C.; Duarte, V.; Shimabukuro, Y. E.; Santos, A. P.; Lee, D. C. L.; Maia, F. C. S.; Mendonca, F. J.; Assuncao, G. V. **Levantamento de áreas de desmatamento na Amazônia Legal através de imagens do Satelite Landsat**. São José dos Campos: INPE, 1979, 62p. (INPE-1411-NTE/142).
- [17] Jakimow, B., Griffiths, P., van der Linden, S., & Hostert, P. Mapping pasture management in the Brazilian Amazon from dense Landsat time series. **Remote Sensing of Environment**, 205, p. 453-468. 2018.

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

Subprojeto 8.1: Sistema automatizado de cálculo da matriz final de alinhamento óptico em sistemas espaciais

8.1.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 8 (Desenvolvimento de Tecnologias e Projetos para Montagem, Integração e Testes de Satélites), do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 444327/2018-5, disponível na página do INPE. Está relacionado ao Termo de Abertura de Projeto – TAP, SEI Nº 01340.004116/2021-62.

O processo de alinhamento óptico permite ao final o conhecimento da relação angular entre os vetores dos triedros de referência definidos no cubo do equipamento, que representa o triedro do equipamento e o triedro dos eixos de referência do satélite representado pelo cubo mestre. A instalação e o alinhamento óptico do cubo mestre na estrutura do satélite é a primeira etapa para a definição do triedro de referência do satélite representado pelos vetores em cada face do cubo. Na sequência tem-se a montagem e o alinhamento óptico dos sensores e propulsores do sistema de controle de atitude do satélite. Para satélites de médio porte (~800 kg) a quantidade de equipamentos a serem alinhados é da ordem de 15 e para satélites maiores (~ 2.000 kg) a quantidade de equipamentos é da ordem de 35. Atualmente, para a realização destas medidas são utilizados três teodolitos eletrônicos com luneta panorâmica, módulo de alimentação e interface dos teodolitos com microcomputador PC, sendo que os mesmos foram adquiridos em 2006. O software de aquisição atual, desenvolvido no LIT, executado em microcomputador faz somente a leitura dos valores dos ângulos vertical e horizontal. Todo o cálculo é realizado em uma planilha definindo manualmente o sinal dos vetores e inserindo os valores dos ângulos também manualmente. A proposta do projeto é desenvolver um software para automatizar todo o sistema efetuando a aquisição dos valores indicados no teodolito através do microcomputador e efetuar todo o cálculo permitindo a definição dos vetores e apresentando como resultado final a matriz que correlaciona o ângulo do triedro de referência do equipamento com o triedro de referência do satélite.

8.1.2 - Objetivo Geral

Desenvolvimento de um software para automatizar todo o sistema efetuando a aquisição dos valores indicados no teodolito através do microcomputador e efetuar todo o cálculo permitindo a definição dos vetores e apresentando como resultado final a matriz que correlaciona o ângulo do triedro de referência do equipamento com o triedro de referência do satélite.

Objetivo Específico 1: Efetuar estudo técnico para entendimento do método utilizado no processo de alinhamento óptico;



Objetivo Específico 2: Avaliar as tecnologias de interface disponíveis; especificar e efetuar aquisição da placa de interface serial para comunicação do microcomputador com os teodolitos, através do módulo T-Link conectado à placa de interface serial;

Objetivo Específico 3: Avaliar o software de desenvolvimento a ser utilizado para a elaboração do software para efetuar a aquisição dos dados do teodolito e executar os cálculos matriciais para a obtenção da matriz final que correlaciona o triedro de referência do satélite com o triedro de referência do equipamento;

Objetivo Específico 4: Efetuar a aquisição de microcomputador e software de desenvolvimento;

Objetivo Específico 5: Efetuar o desenvolvimento do software;

Objetivo Específico 6: Avaliar para validação a versão preliminar através da realização das medidas de alinhamento óptico;

Objetivo Específico 7: Validar o software através da realização das medidas de alinhamento óptico comparando os resultados com os cálculos manuais obtidos através da planilha já validada;

Objetivo Específico 8: Elaborar o manual de utilização do software.

8.1.3 - Insumos

8.1.3.1 – Custeio

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

8.1.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
8.1.1	Profissional com 7 (sete) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior em Ciência da Computação,	Desenvolvimento de software, desejável conhecimento VBA - Visual Basic Application	1	D-B	2	1

	Engenharia da Computação, Analista de Sistemas ou áreas afins; ou com título de doutor; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 4 (quatro) anos.						
--	--	--	--	--	--	--	--

8.1.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas						
			2021	2022	2023	2024	2025	2026	
Estudo técnico para entendimento do método utilizado no processo de alinhamento óptico	1	Relatório	Concluir o estudo, familiarização e entendimento do método utilizado no processo de alinhamento óptico						

8.1.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre												
	2021		2022		2023		2024		2025		2026		
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
Estudo técnico para entendimento do método utilizado no processo de alinhamento óptico		X											

8.1.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas						
			2021	2022	2023	2024	2025	2026	
Sinopse do método de triangulação para as medidas de alinhamento óptico	1	Relatório	Entendimento do método utilizado no processo de alinhamento óptico						

8.1.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas						
			2021	2022	2023	2024	2025	2026	
Capacitação de pessoal com conhecimento em medidas de alinhamento óptico	1	Relatório	Pessoal com conhecimento em medida de alinhamento óptico						

8.1.8 - Recursos Solicitados

8.1.8.1 Custeio:

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

8.1.8.2 Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	B	4.160,00	2	1	8.320,00
Total (R\$)					8.320,00

8.1.9 - Equipe do Projeto

Mauro Kakizaki
 Luiz Alexandre da Silva

Renata de Fátima Pereira

8.1.10 - Referências Bibliográficas

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

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

Subprojeto 8.2: Desenvolvimento do Banco de Teste Elétrico (EGSE) para Montagem, Integração e Testes do Satélite Amazonia 1B

8.2.1 – Introdução

Este subprojeto consta no projeto Pesquisa e Desenvolvimento em Ciências e Tecnologias Espaciais e suas Aplicações - Inpe Novembro/2018 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 444327/2018-5, disponível na página do INPE. Está relacionado ao Termo de Abertura de Projeto – TAP do projeto Montagem, Integração e Testes do Satélite Amazonia 1B (SEI:01340.004115/2021-18).

O projeto “Montagem, Integração e Testes do Satélite Amazonia 1B” é desenvolvido pela Coordenação de Manufatura, Montagem, Integração e Testes - COMIT, e visa atender unicamente à demanda de Montagem, Integração e Testes (AIT) do satélite Amazonia 1B proposto no projeto “**AMAZONIA 1B**” (SEI: 01340.003268/2021-48) pela Divisão de Sistemas Espaciais - DISEP pertencente a Coordenação-Geral de Engenharia, Tecnologia e Ciência Espaciais CGCE do INPE.

O projeto “Montagem, Integração e Testes do Satélite Amazonia 1B”, tem como principal objetivo de coordenar, planejar e executar as atividades de AIT do satélite Amazonia 1B, e está organizado em 10 fases conforme listado abaixo:

- **Fase inicial:** Coordenação e planejamento de AIT;
- Fase 0: Preparação AIT;
- Fase 1: Teste de interface das unidades e integração ao satélite;
- Fase 2: Teste de desempenho dos subsistemas isolado após integração;
- Fase 3: Testes dos subsistemas no nível de sistema;
- Fase 4: Teste dos subsistemas e do sistema com satélite totalmente montado;
- Fase 5: Testes Dinâmicos;
- Fase 6: Teste termo vácuo;
- Fase 7: Testes finais e preparação para embarque para a base de lançamento
- Fase 8: campanha de lançamento.

O objetivo desde projeto é desenvolver o Banco de Testes Elétrico – EGSE como parte da Fase Inicial do projeto de “Montagem, Integração e Testes do Satélite Amazonia 1B”.



A Fase Inicial - Fase de Coordenação e Planejamento de AIT é extremamente importante para garantia de um processo rápido e eficiente das fases de execução do AIT (fase 0 em diante), fazendo desta fase a mais longa do processo de AIT, mas que menos impacta ao cronograma de AIT, já que ela é executada em paralelo com o desenvolvimento da carga útil do projeto “Amazonia 1B”.

A Fase Inicial do projeto de “Montagem, Integração e Testes do Satélite Amazonia 1B”. é verificar a disponibilidade e adequação da infraestrutura, dos processos, e desenvolvimento e implementação do EGSE e do MGSE para atender os requisitos do satélite Amazonia 1 e dos requisitos de seu AIT.

Portanto este projeto “Desenvolvimento do Banco de Teste Elétrico (EGSE) para Montagem, Integração e Testes do Satélite Amazonia 1B” foca no desenvolvimento e readequação do Banco de Teste Elétrico (EGSE) do Satélite Amazonia 1B.

Desenvolvimento do Banco de Teste Elétrico do Satélite Amazonia 1B

O objetivo deste projeto é verificar a disponibilidade, adequação, desenvolvimento e implementação do EGSE para atender os requisitos de operação e testes do satélite Amazonia 1B.

Devido ao fato de o satélite Amazonia 1B ser o segundo satélite da plataforma PMM, há uma grande vantagem na herança do EGSE, cabendo apenas a readequação desses equipamentos para atender às diferenças entre os dois satélites, a ser definida no projeto “Amazonia 1B”, e as melhorias identificadas nas lições aprendidas geradas durante o AIT do Amazonia 1.

Na fase de coordenação e planejamento de AIT, são levantadas todas as necessidades de aquisição de materiais para AIT e necessidades de investimentos na infraestrutura e nos equipamentos de suporte: EGSE e MGSE.

Para atingir o objetivo principal do projeto Montagem, Integração e Testes do Satélite Amazonia 1B, faz-se necessário uma série de preparativos tendo com base na experiência adquirida pelos engenheiros de AIT na montagem, integração e testes dos modelos de engenharia -EM e de voo -FM do satélite Amazonia-1 lançado com sucesso em 2021.

Dentre esses preparativos a readequação do banco de teste elétrico – EGSE, visa introduzir modificações, melhorias e correções nos elementos do EGSE de forma atender as necessidades específicas do satélite Amazonia-1B de forma ágil, eficiente e segura.

8.2.2 - Objetivo Geral

O projeto de “Montagem, Integração e Testes do Satélite Amazônia 1B” tem como objetivo geral entregar, ao final da fase 7, um satélite inteiramente montado, testado e qualificado para lançamento, e ao final da fase 8, campanha de lançamento, um satélite de sensoriamento remoto operacional em órbita.



Este projeto tem como objetivo desenvolver parte do Banco de Testes Elétrico – EGSE que é parte da fase inicial do projeto de “Montagem, Integração e Testes do Satélite Amazônia 1B”.

O objetivo geral deste projeto está alinhado com os seguintes objetivos estratégicos do INPE:

- OE1 - Dotar o país de capacidade própria no desenvolvimento de ciclo de vida de sistemas espaciais.
- OE2 - 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:

Readequar o equipamento específico de teste (SCOE) para atender as necessidades de integração e testes do subsistema de Telemetria e Telecomando (TT&C) integrado no satélite. Alguns dos testes da matriz de teste do subsistema TT&C são executados manualmente no TT&C SCOE atual. A operação automática TT&C SCOE permitirá a redução do tempo de teste, repetitividade dos testes além de diminuir a chance de erro de operação.

8.2.3 - Insumos

8.2.3.1 – Custeio

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

8.2.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
8.2.1	Profissional com diploma de nível superior em Engenharia Elétrica, Telecomunicações ou áreas afins e experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação.	Operação e testes de equipamentos de rádio frequência RF e desenvolvimento de software	1	DD	2	1

8.2.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			Mês 1	Mês 2
Preparar um plano de modificações de hardware e software do TT&C SCOE	1	Plano, Especificação do TT&C SCOE	X	
Refazer o projeto de hardware do TT&C SCOE	1	Esquemas e desenhos de fabricação/montagem	X	
Implementar as modificações no TT&C SCOE	1	TT&C SCOE montado e funcionando em modo manual		X
Implementar as modificações de software	1	TT&C SCOE montado e funcionando em modo automático		X
Validar o TT&C SCOE	1	Relatório de Teste de Validação		X

8.2.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Mês 1	Mês 2
Auxiliar na montagem e preparação dos equipamentos de testes elétricos - EGSE	X	
Executar testes funcionais e de validação do EGSE		X
Preparar um plano de modificações de hardware e software do TT&C SCOE	X	
Refazer o projeto de hardware do TT&C SCOE	X	
Implementar as modificações no TT&C SCOE		X
Implementar as modificações de software		X
Validar o TT&C SCOE		X
Prepara procedimentos e relatórios de testes funcionais elétricos em produtos espaciais	X	X
Executar testes funcionais elétricos em produtos espaciais		X

8.2.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			Mês 1	Mês 2
TT&C SCOE:	1	Plano, Especificação do TT&C SCOE	X	
	1	Esquemas e desenhos de fabricação/montagem	X	

	1	TT&C SCOE montado e funcionando em modo manual		X
	1	TT&C SCOE montado e funcionando em modo automático		X
	1	Relatório de Teste de Validação		X

8.2.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			Mês 1	Mês 2
Capacitação de pessoal em preparação e validação de equipamentos e setups de testes em produtos espaciais	1	Relatório		X
Capacitação de pessoal em desenvolvimento de equipamentos para testes em produtos espaciais	1	Relatório		X
Capacitação de pessoal em operação e testes de produtos espaciais	1	Relatório		X

8.2.8 - Recursos Solicitados

8.2.8. 1 Custeio:

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

8.2.8.2 Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00	-	-	-
	B	4.160,00	-	-	-
	C	3.380,00	-	-	-
	D	2.860,00	2	1	5.720,00
	E	1.950,00			
	F	900,00	-	-	-



PCI-E	1	6.500,00	-	-	-
	2	4.550,00	-	-	-
Total (R\$)					5.720,00

8.2.9 - Equipe do Projeto

Os seguintes servidores participam deste projeto:

- Adalberto Pacífico Comiran
- Bernardo Vertamatti
- Guilherme Venticinque
- Luiz Alexandre da Silva
- Nelson Makoto Ito

8.2.10 - Referências Bibliográficas

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



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

Subprojeto 8.3: Desenvolvimento do Banco de Teste Elétrico (EGSE) para Montagem, Integração e Testes do Satélite Amazonia 1B

8.3.1 – Introdução

Este subprojeto consta no projeto Pesquisa e Desenvolvimento em Ciências e Tecnologias Espaciais e suas Aplicações - Inpe Novembro/2018 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 444327/2018-5, disponível na página do INPE. Está relacionado ao Termo de Abertura de Projeto – TAP do projeto Montagem, Integração e Testes do Satélite Amazonia 1B (SEI:01340.004115/2021-18).

O projeto “Montagem, Integração e Testes do Satélite Amazonia 1B” é desenvolvido pela Coordenação de Manufatura, Montagem, Integração e Testes - COMIT, e visa atender unicamente à demanda de Montagem, Integração e Testes (AIT) do satélite Amazonia 1B proposto no projeto “**AMAZONIA 1B**” (SEI: 01340.003268/2021-48) pela Divisão de Sistemas Espaciais - DISEP pertencente a Coordenação-Geral de Engenharia, Tecnologia e Ciência Espaciais CGCE do INPE.

O projeto “Montagem, Integração e Testes do Satélite Amazonia 1B”, tem como principal objetivo de coordenar, planejar e executar as atividades de AIT do satélite Amazonia 1B, e está organizado em 10 fases conforme listado abaixo:

- **Fase inicial:** Coordenação e planejamento de AIT;
- Fase 0: Preparação AIT;
- Fase 1: Teste de interface das unidades e integração ao satélite;
- Fase 2: Teste de desempenho dos subsistemas isolado após integração;
- Fase 3: Testes dos subsistemas no nível de sistema;
- Fase 4: Teste dos subsistemas e do sistema com satélite totalmente montado;
- Fase 5: Testes Dinâmicos;
- Fase 6: Teste termo vácuo;
- Fase 7: Testes finais e preparação para embarque para a base de lançamento
- Fase 8: campanha de lançamento.

O objetivo desde projeto é desenvolver o Banco de Testes Elétrico – EGSE como parte da Fase Inicial do projeto de “Montagem, Integração e Testes do Satélite Amazonia 1B”.



A Fase Inicial - Fase de Coordenação e Planejamento de AIT é extremamente importante para garantia de um processo rápido e eficiente das fases de execução do AIT (fase 0 em diante), fazendo desta fase a mais longa do processo de AIT, mas que menos impacta ao cronograma de AIT, já que ela é executada em paralelo com o desenvolvimento da carga útil do projeto “Amazonia 1B”.

A Fase Inicial do projeto de “Montagem, Integração e Testes do Satélite Amazonia 1B”. é verificar a disponibilidade e adequação da infraestrutura, dos processos, e desenvolvimento e implementação do EGSE e do MGSE para atender os requisitos do satélite Amazonia 1 e dos requisitos de seu AIT.

Portanto este projeto “Desenvolvimento do Banco de Teste Elétrico (EGSE) para Montagem, Integração e Testes do Satélite Amazonia 1B” foca no desenvolvimento e readequação do Banco de Teste Elétrico (EGSE) do Satélite Amazonia 1B.

Desenvolvimento do Banco de Teste Elétrico do Satélite Amazonia 1B

O objetivo deste projeto é verificar a disponibilidade, adequação, desenvolvimento e implementação do EGSE para atender os requisitos de operação e testes do satélite Amazonia 1B.

Devido ao fato de o satélite Amazonia 1B ser o segundo satélite da plataforma PMM, há uma grande vantagem na herança do EGSE, cabendo apenas a readequação desses equipamentos para atender às diferenças entre os dois satélites, a ser definida no projeto “Amazonia 1B”, e as melhorias identificadas nas lições aprendidas geradas durante o AIT do Amazonia 1.

Na fase de coordenação e planejamento de AIT, são levantadas todas as necessidades de aquisição de materiais para AIT e necessidades de investimentos na infraestrutura e nos equipamentos de suporte: EGSE e MGSE.

Para atingir o objetivo principal do projeto Montagem, Integração e Testes do Satélite Amazonia 1B, faz-se necessário uma série de preparativos tendo com base na experiência adquirida pelos engenheiros de AIT na montagem, integração e testes dos modelos de engenharia -EM e de voo -FM do satélite Amazonia-1 lançado com sucesso em 2021.

Dentre esses preparativos a readequação do banco de teste elétrico – EGSE, visa introduzir modificações, melhorias e correções nos elementos do EGSE de forma atender as necessidades específicas do satélite Amazonia-1B de forma ágil, eficiente e segura.

8.3.2 - Objetivo Geral

O projeto de “Montagem, Integração e Testes do Satélite Amazonia 1B” tem como objetivo geral entregar, ao final da fase 7, um satélite inteiramente montado, testado e qualificado para lançamento, e ao final da fase 8, campanha de lançamento, um satélite de sensoriamento remoto operacional em órbita.

Este projeto tem como objetivo desenvolver o Banco de Testes Elétrico – EGSE que é parte da fase inicial do projeto de “Montagem, Integração e Testes do Satélite Amazonia 1B”.

O objetivo geral deste projeto está alinhado com os seguintes objetivos estratégicos do INPE:

OE1 - Dotar o país de capacidade própria no desenvolvimento de ciclo de vida de sistemas espaciais.

OE2 - 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:

Desenvolvimento do banco de teste elétrico - EGSE

Após as atividades de AIT no modelo de engenharia - EM e de voo - FM do satélite Amazonia-1, foram observadas algumas deficiências do banco de teste - EGSE para AIT do satélite Amazonia-1 que necessitam readequação.

A readequação do EGSE do Amazonia-1B prevê, entre outros, os seguintes produtos esperados:

- Retrabalho na cablagem de EGSE;
- Readequação do SCOE OBDH;
- Readequação do AOCS SCOEL;
- Desenvolvimento do TCS SCOE.

Objetivo Específico 2:

Readequar o TT&C SCOE para atender as necessidades de integração e testes do subsistema TT&C integrado no satélite. Alguns dos testes da matriz de teste do subsistema TT&C são executados manualmente no TT&C SCOE atual. A operação automática TT&C SCOE permitirá a redução do tempo de teste, repetitividade dos testes além de diminuir a chance de erro de operação.

8.3.3 - Insumos

8.3.3.1 – Custeio

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

8.3.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/ nível	Meses	Quantidade
8.3.1	Técnico em informática de nível médio com diploma de Escola Técnica reconhecida pelo MEC e com experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação	Desenvolvimento de software	2	DE	2	1

8.3.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			Mês 1	Mês 2
Auxiliar na montagem e preparação dos equipamentos de testes elétricos - EGSE	1	Equipamento de teste montado e em funcionamento		X
Executar testes funcionais e de validação do EGSE	1	Relatório de teste		
Preparar um plano de modificações de hardware e software do TT&C SCOE	2	Plano, Especificação do TT&C SCOE	X	
Refazer o projeto de hardware do TT&C SCOE	2	Esquemas e desenhos de fabricação/ montagem	X	
Implementar as modificações no TT&C SCOE	2	TT&C SCOE montado e funcionando em modo manual		X

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			Mês 1	Mês 2
Implementar as modificações de software	2	TT&C SCOE montado e funcionando em modo automático		
Validar o TT&C SCOE	2	Relatório de Teste de Validação		

8.3.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Mês 1	Mês 2
Auxiliar na montagem e preparação dos equipamentos de testes elétricos - EGSE	X	
Executar testes funcionais e de validação do EGSE		X
Preparar um plano de modificações de hardware e software do TT&C SCOE	X	
Refazer o projeto de hardware do TT&C SCOE	X	
Implementar as modificações no TT&C SCOE		X

8.3.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			Mês 1	Mês 2
OBDH SCOE:	1	Equipamento de teste montado e em funcionamento		X
	1	Relatório de teste de validação		
TCS SCOE	1	Esquemas e desenhos de fabricação/montagem	X	
	1	Equipamento de teste montado e em funcionamento		X
	1	Relatório de teste de validação		
AOCS SCOE:	1	Equipamento de teste montado e em funcionamento		X
	1	Relatório de teste de validação		
Cablagem EGSE	1	Cabos montados		X
	1	Relatório de teste de validação		

TT&C SCOE:	2	Plano, Especificação do TT&C SCOE	X	
	2	Esquemas e desenhos de fabricação/montagem	X	
	2	TT&C SCOE montado e funcionando em modo manual		X
	2	TT&C SCOE montado e funcionando em modo automático		
	2	Relatório de Teste de Validação		

8.3.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			Mês 1	Mês 2
Capacitação de pessoal em preparação e validação de equipamentos e setups de testes em produtos espaciais	1	Relatório		X
Capacitação de pessoal em desenvolvimento de equipamentos para testes em produtos espaciais	2	Relatório		X
Capacitação de pessoal em operação e testes de produtos espaciais	2	Relatório		X

8.3.8 - Recursos Solicitados

8.3.8.1 Custeio:

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

8.3.8.2 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			
	E	1.950,00	2	1	3.900,00
	F	900,00	-	-	-
PCI-E	1	6.500,00	-	-	-
	2	4.550,00	-	-	-
Total (R\$)					3.900,00

8.3.9 - Equipe do Projeto

Os seguintes servidores participam deste projeto:

- Adalberto Pacífico Comiran
- Bernardo Vertamatti
- Guilherme Venticinque
- Luiz Alexandre da Silva
- Nelson Makoto Ito

8.3.10 - Referências Bibliográficas

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

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

Subprojeto 8.4: Desenvolvimento do Setup Mecânico do Sistema Modular Utilizando Lâmpadas Infravermelhas, para Imposição de Cargas Térmicas Orbitais em Sistemas Espaciais. ”

8.4.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 8 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 444327/2018-5, disponível na página do INPE. Está relacionado ao Termo de Abertura de Projeto – TAP 7895084 “Desenvolvimento de Sistemas Modulares Utilizando Fontes de Calor Infravermelhas para Imposição de Cargas Térmicas Orbitais em Testes de Simulação Espacial de Sistemas Espaciais de Grande Porte”, SEI 01340.004664/2021-92, e está sendo desenvolvido pela Coordenação de Manufatura, Montagem, Integração e Testes - COMIT, desenhado e alinhado para as ações, presentes e futuras, do governo federal em concordância à missão do INPE e dessa Coordenação.

Satélites e sistemas espaciais são submetidos a testes vácuo térmicos, que simulam as condições de ambiente espacial, para comprovar sua funcionalidade sem perdas de performance. Durante estes testes, são impostas sobre o satélite as condições de ambiente espacial em termos de carga térmica orbital, modo de operação, temperatura e pressão. Através dos meios de teste, as seguintes condições são simuladas sobre o satélite:

- O ambiente do espaço profundo, em termos de temperatura e pressão; e
- A carga térmica orbital, em termos de radiação absorvida ou incidida nas superfícies dos satélites.

O ambiente do espaço profundo é simulado pela câmara vácuo térmica (CVT), através de suas dimensões, propriedades termo ópticas, temperatura e nível de vácuo adequados. A carga térmica orbital é simulada através de películas aquecedoras instaladas sobre a superfície do satélite e/ou dispositivos que irradiam calor sem contato direto (IRA), tais como lâmpadas infravermelhas, barras tubulares, placas aquecedoras e quadros de tiras metálicas aquecedoras. A metodologia para a imposição da carga térmica orbital, que vem sendo empregada pelo COMIT até o momento, consiste no desenvolvimento e qualificação de um *Set-Up* customizado para cada satélite a ser testado, sendo construído um dispositivo para cada região da superfície que demande uma carga térmica específica. Esta metodologia consome elevado tempo e custo para a sua implementação, dada a quantidade de dispositivos a serem projetados e qualificados, causando impacto no cronograma e orçamento. O plano de trabalho proposto consiste no desenvolvimento de um arranjo de fontes infravermelhas para a simulação de cargas térmicas orbitais impostas as superfícies do satélite ou sistemas espaciais.



8.4.2 - Objetivo Geral

Dotar e disponibilizar ao país uma infraestrutura capacitada no desenvolvimento de tecnologias para testes vácuo-térmicos de satélites

Objetivo Específico 1:

Desenvolver as tecnologias necessárias para as atividades de Montagem, Integração e Testes, em função dos programas espaciais no INPE, incluindo setup mecânicos para testes vácuo-térmicos de satélites.

Objetivo Específico 2:

Atender as demandas do setor espacial brasileiro por meio do desenvolvimento de tecnologias necessárias para as atividades de testes vácuo-térmicos de Satélites.

Objetivo Específico 3:

Desenvolver e qualificar softwares especializados para atividades de testes vácuo-térmicos de sistemas e subsistemas.

Objetivo Específico 4:

Dotar o país de infraestrutura básica para atender os testes de desenvolvimento e qualificação de produtos espaciais, industriais e ambientais

8.4.3 - Insumos

8.4.3.1 – Custeio

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

8.4.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
8.4.1	Profissional com 7 (sete) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior em	Experiência mínima de 3 anos na área de Automação e Controle	1, 2 e 4	D-B	2	1

	exatas, Física, Engenharia Eletrônica, Mecatrônica, Aeroespacial ou áreas afins; ou com título de doutor; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 4 (quatro) anos.					
--	--	--	--	--	--	--

8.4.4 - Atividades de Execução

- 1- Estudo do problema e pesquisa bibliográfica
- 2- Familiarização com as atividades, equipamentos e ferramentas do laboratório vácuo térmico
- 3- Estudo e conhecimento sistema automático de suprimento e controle de potencias (SASCP) do COMIT

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2021	2022	2023	2024	2025
Atividade 1	1,2	Relatório	X	X			
Atividade 2	1,2	Especificação técnica	X				
Atividade 3	3,4	Relatório		X			

8.4.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Cronograma	
	Dez 2021	Jan 2022
Atividade 1	X	
Atividade 2	X	X
Atividade 3		X

8.4.6 – Produtos

Uma vez tendo sido validado este Sistema Modular Genérico de Lâmpadas Infravermelhas, para Imposição de Cargas Térmicas Orbitais em Sistemas Espaciais, o Laboratório estará preparado com um dispositivo de teste que irá compor as facilidades do LIT. O projeto também entregara os seguintes produtos



Produto 1: Sistema Modular Genérico de Lâmpadas Infravermelhas, para Imposição de Cargas Térmicas Orbitais em Sistemas Espaciais.

Produto 2: Modelos matemáticos e protótipos para qualificação com câmera infravermelha em condições ambientais do Hall de Testes e posteriormente em câmaras vácuo térmicas. Considerando a variação espectral da radiação emitida pelas fontes de calor infravermelhas.

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2021	2022	2023	2024	2025
Produto 1	1,2, 3 e 4	Protótipo Funcionando	X				
Produto 2	1,3	Protótipo Funcionando		X			

8.4.7 – Resultados Esperados

Uma vez tendo sido validado este Sistema Modular de Fontes de Calor Infravermelhas, para Imposição de Cargas Térmicas Orbitais em Sistemas Espaciais, o Laboratório estará preparado com um dispositivo de teste que irá compor as facilidades do LIT. Permitindo ao Laboratório atender às demandas de testes do setor espacial em um tempo menor, com menos investimentos e qualidade comprovada. Os resultados deverão ser apresentados em publicações de artigos técnicos e científicos, assim como, documentados mediante procedimentos de operação e relatórios técnicos no Centro de Documentação da COMIT.

Também podemos esperar que o projeto proposto atinja os seguintes resultados:

Resultado 1: Realizar testes vácuo-térmicos de desenvolvimento, qualificação e aceitação para, equipamentos, subsistemas e sistemas de aplicação espaciais;

Resultado 2: Garantir que o conjunto de Laboratórios da COMIT sejam capazes e competentes para coordenar e realizar as atividades de manufatura, montagem, integração, testes e ensaios ambientais de produtos destinados ao desenvolvimento de pesquisas, tecnologias e aplicações espaciais, realizadas pelo Instituto.

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2021	2022	2023	2024	2025
Resultado 1	1, 2 e 4	Relatório de ensaio		X			
Resultado 2	1, 2	Procedimentos de ensaios	X				

8.4.8 - Recursos Solicitados

8.4.8.1 Custeio:

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

8.4.8. 2 Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D					
	B	4.160,00	2	1	8.320,00
Total (R\$)					8.320,00

8.4.9 - Equipe do Projeto

- Márcio Bueno dos Santos, membro COMIT e gerente do projeto
- José Sérgio de Almeida membro COMIT
- Durval Zandonadi Junior membro COMIT
- Vinicius Derrico da Silva membro do COMIT
- Carlos Rodolfo Rodrigues membro COMIT
- Douglas Barzon membro COMIT
- Elza Aparecida de Castro membro COMIT
- Osvaldo Donizeti da Silva membro COMIT
- Valdir Nogueira Fernandes membro COMIT

8.4.10 - Referências Bibliográficas

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



Projeto 9: Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos

Subprojeto 9.1: Atividades de Prospecção, Ensaios e Desenvolvimento do Componente Atmosférico e de Superfície Continental para Ecossistemas Brasileiros, e da Infraestrutura de Gerenciamento de Software.

9.1.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 9 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 444327/2018-5, disponível na página do INPE. Está relacionado ao Termo de Abertura de Projeto “Desenvolvimento do Modelo Comunitário do Sistema Terrestre Unificado.”

Prever a condição climática em escalas de horas, dias e meses à frente é um dos maiores desafios técnico-científicos enfrentados pela humanidade. No entanto, este desafio tem sido vencido por diversos países e tem se demonstrado a importância de se ter informações confiáveis em tempo real das condições atmosféricas e oceânicas presentes e futuras. A importância se qualifica principalmente pela preservação da vida de pessoas e mitigação de prejuízos econômicos advindos do uso destas informações.

O Brasil tem um relevante histórico de desenvolvimento e aplicação de modelagem para a previsão de tempo e clima. Porém, os esforços estão fragmentados e dispersos em vários grupos e modelos que não interagem entre si. Como resultado, as previsões hoje produzidas no país não usam o estado-da-arte em modelagem numérica, métodos e dados e, assim, não são competitivas em relação aos produtos gerados por outras instituições internacionais.

No entanto, há um potencial enorme do país se colocar em um patamar superior com a focalização e unificação dos esforços e expertises através da adoção de um sistema unificado de modelagem do Sistema Terrestre que seja comunitário e que atenda todas as escalas (temporais e espaciais) de fenômenos de relevância para a sociedade brasileira.

Este projeto tem por objetivo principal desenvolver tal sistema de modelagem ancorado em um robusto sistema de assimilação de dados e aperfeiçoado com técnicas de inteligência artificial. Com tal sistema, o Brasil alcançará o estado-da-arte em previsão da atmosfera e oceanos para o benefício da sociedade brasileira e da América do Sul em geral.

O projeto é capitaneado pelo INPE com a participação da comunidade de meteorologia, oceanografia, ciências ambientais, computação científica e matemática aplicada do Brasil.

9.1.2 - Objetivo Geral

O objetivo geral do Projeto 1 é o desenvolvimento comunitário de um modelo numérico do sistema Terrestre (a ser referido como MCSTU) 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.

Neste subprojeto se tem foco em três aspectos:



- Componente atmosférico do MCSTU com estado-da-arte em parametrizações físicas e de dinâmicas para as escalas de interesse,
- Implantar uma base sólida de métodos, aplicações e plataformas de controle, gerenciamento e testes das atividades de desenvolvimento do MCSTU garantindo a qualidade e acompanhamento integral do desenvolvimento.

Este projeto se alinha ao objetivo específico 9.2 do PCI e ao Objetivo Estratégico 2 do plano diretor 2018-2023 que trata de desenvolver a nova geração do sistema de modelagem numérica atmosfera-oceano-superfície.

Objetivo Específico 1:

Realizar atividades de prospecção (Ref. 2 a 16), ensaios e desenvolvimento do componente de física da atmosfera do MCSTU, a saber:

- a) Apoiar a seleção de parametrizações físicas de transferência radiativa, convecção, microfísica e microfísica de nuvens, transporte turbulento na camada limite planetária, e arraste por ondas de gravidade por orografia e sistemas convectivos.
- b) Apoiar na geração de suítes de física adequadas às escalas espaciais alvo do MCSTU, incluindo os acoplamentos internos entre as diversas parametrizações físicas.
- c) Apoiar com a produção de simulações do componente atmosférico do MCSTU e gerar análise dos dados.

Objetivo Específico 2:

Realizar atividades de prospecção (Ref. 17 a 25), ensaios e desenvolvimento do componente de dinâmica da atmosfera do MCSTU, a saber:

- a) Apoiar a seleção de núcleo dinâmico atmosférico do MCSTU.
- b) Apoiar no acoplamento do núcleo dinâmico com a suíte de parametrizações físicas geradas no objetivo específico 1.
- c) Apoiar com a produção de simulações do componente atmosférico do MCSTU e gerar análise dos dados.

Objetivo Específico 3:

- a) Estudo dos aplicativos, sistemas e métodos de gerenciamento de software e estudos de sistemas ágeis (Kanban, XP, Scrum), adaptados e aplicáveis ao Modelo Comunitário do Sistema Terrestre e suas nuances particulares (Ref 26-31). Verificação das plataformas disponíveis em software livre nos aspectos estudados com apresentação de relatório de avaliação de forças e fraquezas de cada plataforma e sua aplicabilidade;
- b) Estudos dos aplicativos, sistemas e métodos de teste de software. Verificação das plataformas disponíveis em software livre com apresentação de relatório de forças e fraquezas de cada plataforma assim como a integração da plataforma com a estudada no item 3a.
- c) Estudo dos sistemas de versionamento disponíveis (GIT, Mercurial, Subversion, etc) e apresentação das características de cada uma levando-se em conta os estudos dos itens 3a e 3b.
- d) Estudo de plataformas disponíveis para gerenciamento de compartilhamento de conhecimento (wiki), lista de discussões e controle

de tarefas de melhorias, defeitos (bugs) e modernização de pacotes de software do modelo, com absoluto controle de documentação, versionamento e referências cruzadas com os itens estudados nos itens 3a-c.

- e) Estudo de plataformas integradas de testes atômicos de procederes (funções, subrotinas e módulos) e teste integrais do modelo comunitário do sistema terrestre unificado e uso de métricas de avaliação integradas aos sistemas e plataformas estudadas nos itens 3a-d.
- f) Implementação, ajustes e manutenção de uma instalação completa de um pacote completo ou da combinação de pacotes identificados nos estudos, suas plataformas e dependências para uso da equipe de desenvolvimento.

9.1.3 - Insumos

9.1.3.1 – Custeio

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

9.1.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria nível	Meses	Quantidade
9.1.1	Profissional com 7 (sete) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior em Meteorologia, matemática, física e áreas afins ou com título de doutor; ou ainda, com grau de mestre		1	D-B	3	1

	há, no mínimo, 4 (quatro) anos.					
9.1.2	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 e áreas afins ou com título de doutor; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 4 (quatro) ano		2	D-B	3	1
9.1.3	Profissional com 5 (cinco) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior em Computação, matemática, física e áreas afins ou com grau de mestre.		3	D-C	3	1

9.1.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas (1X =1 mês)		
			2021	2022	2023
1. Seleção de parametrizações físicas	1a	1. Lista de parametrizações definidas, produção de relatório técnico com referências bibliográficas e organização dos códigos computacionais.	X		
2. Produção das suítes	1b	2. Produção de códigos computacionais acopladores das diversas parametrizações física que compõem a suíte	X		
3. Produção de simulações	1c	3. Simulações realizadas, estabilidade numérica verificada e desempenho avaliado.		X	
4. Seleção do núcleo dinâmico	2a	4. Núcleo dinâmico selecionado, relatório técnico produzido.	X		
5. Acoplamento do núcleo dinâmico – suíte de físicas	2b	5. Acoplamento lógico dos códigos computacionais e produção de selecionador de suítes e núcleo dinâmico.	X		
6. Produção de simulações	2c	6. Simulações realizadas, estabilidade numérica verificada e desempenho avaliado.		X	
7. Estudos de sistemas de gerenciamento	3a	7. Definição de plataformas de gerenciamento. disponíveis em software livre. Produção de relatório técnico	0.5X		
8. Estudos de sistemas de testes	3b	8. Definição de plataformas de teste de qualidade de software. Produção de relatório técnico	0.5X		
9. Estudos de sistemas de versionamento	3c	9. Relatório descritivo dos sistemas de versionamento de software disponíveis para o MCSTU	0.5X		
10. Estudos de plataformas de compartilhamento	3d	10. Relatório descritivo dos sistemas de compartilhamento de conhecimento (wiki) disponíveis para o MCSTU	0.5X		
11. Plataformas de testes atômicos	3e	11. Relatório descritivo de plataformas integradas de testes atômico disponíveis para o MCSTU		0.5X	

12. Implantação do sistema de gerenciamento integrado	3f	12. Implantação de instalação de sistema de gerenciamento integrando as diversas funcionalidades definidas no projeto. Relatório técnico produzido.		0.5 X	
---	-----------	---	--	------------------	--

9.1.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre (1X =1 mês)					
	2021		2022		2023	
	1	2	1	2	1	2
Atividade 1		X				
Atividade 2		X				
Atividade 3			X			
Atividade 4		X				
Atividade 5		X				
Atividade 6			X			
Atividade 7		0.5 X				
Atividade 8		0.5 X				
Atividade 9		0.5 X				
Atividade 10		0.5 X				
Atividade 11			0.5 X			
Atividade 12			0.5 X			

9.1.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas (1X =1 mês)		
			2021	2022	2023
Conjunto de parametrizações físicas do MCSTU	1	Parametrizações definidas e descritas em relatório técnico	XX	X	
Núcleo(s) dinâmico(s) do MCSTU	2	Núcleo(s) dinâmico(s) definido(s) e descrito(s) em relatório.	XX	X	



Sistema de gerenciamento de software e utilitários.	3	Sistema de gerenciamento definido e descrito em relatório.	XX	X	
---	----------	--	-----------	----------	--

9.1.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas(1X =1 mês)		
			2021	2022	2023
Estado-da-arte em suítes de parametrizações físicas	1	MCSTU com o estado-da-arte em parametrizações físicas produzindo melhor desempenho dos produtos operacionais de previsão de tempo do INPE	XX	X	
Estado-da-arte em núcleos dinâmicos da atmosfera	2	MCSTU com o estado-da-arte em dinâmica da atmosfera produzindo melhor desempenho dos produtos operacionais de previsão de tempo do INPE	XX	X	
Moderno sistema de gerenciamento de softwares.	3	Maior eficiência e segurança no desenvolvimento e manutenção do conjunto de códigos que compõem o MCSTU.	XX	X	

9.1.8 - Recursos Solicitados

9.1.8. 1 Custeio:

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

9.1.8.2 Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00	2	2	16.640,00
	C	3.380,00	2	1	6.760,00

	D	2.860,00			
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					23.400,00

9.1.9 - Equipe do Projeto

- Saulo R. Freitas
- Luiz Flávio Rodrigues
- Antonio Ocimar Manzi
- João Gerd Z. de Mattos
- Paulo Kubota (a confirmar)
- Ariane Frassoni (a confirmar)
- Luís Gustavo Gonçalves de Gonçalves (a confirmar)
- Luiz Antonio Candido
- Otávio Acevedo
- Demerval Moreira

9.1.10 - Referências Bibliográficas

- 1) Avaliação de Políticas Públicas: Guia Prático de Análise Ex Ante, volume 1, IPEA, 2018.
- 2) Freitas, S. R., Grell, G. A., Molod, A., et al (2018), Assessing the Grell-Freitas convection parameterization in the NASA GEOS modeling system. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 10, 1266-1289, <https://doi.org/10.1029/2017MS001251>
- 3) Freitas, S. R., Grell, G. A., and Li, H. (2021), The GF Convection Parameterization: recent developments, extensions, and applications, *Geosci. Model Dev.*, in press.
- 4) Grell, G. A., and Freitas, S.R.: A scale and aerosol aware stochastic convective parameterization for weather and air quality modeling. *Atmos. Chem. Phys.*, 14, 5233, 2014.
- 5) Iacono, M. J., Delamere, J. S., Mlawer, E. J., Shephard, M. W., Clough, S.A., and Collins, W.D.: Radiative forcing by long-lived greenhouse gases: Calculations with the AER radiative transfer models, *J. Geophys. Res.*, 113, D13103, doi:10.1029/2008JD009944, 2008.
- 6) Mellor, G. L. and Yamada, T.: Development of a turbulence closure model for geophysical fluid problems, *Rev. Geophys. Space Phys.*, 20, 851–875, doi:10.1029/RG020i004p00851, 1982.
- 7) Nakanishi, M., and Niino, H.: An Improved Mellor–Yamada Level-3 Model with Condensation Physics: Its Design and Verification, *Boundary-Layer Meteorol.*, 112, 1–31, doi:10.1023/B:BOUN.0000020164.04146.98, 2004.
- 8) Rosário, N. E., Longo, K. M., Freitas, S. R., Yamasoe, M. A., and Fonseca, R. M.: Modeling the South American regional smoke plume: aerosol optical depth variability and surface shortwave flux perturbation,

- Atmos. Chem. Phys., 13, 2923-2938, doi:10.5194/acp-13-2923-2013, 2013.
- 9) Souza, E. P., Rennó, N. O., and Silva Dias, M. A. F.: Convective circulations induced by surface heterogeneities. *J. Atmos. Sci.*, 57, 2915-2922, 2000.
 - 10) Thompson, G., and Eidhammer, T.: A study of aerosol impacts on clouds and precipitation development in a large winter cyclone. *J. Atmos. Sci.*, 2014.
 - 11) Thompson, G., Field, P. R., Rasmussen, R. M., and Hall, W.D.: Explicit forecasts of winter precipitation using an improved bulk microphysics scheme. Part II: Implementation of a new snow parameterization. *Mon. Wea. Rev.*, 136, 5095–5115, doi:10.1175/2008MWR2387.1, 2008.
 - 12) Arakawa, A., Jung, J.-H., and Wu, C.-M., (2011), Toward unification of the multiscale modeling of the atmosphere, *Atmos. Chem. Phys.*, 11, 3731–3742, <https://doi.org/10.5194/acp-11-3731-2011>.
 - 13) Barahona, D., Molod, A., Bacmeister, J., Nenes, A., Gettelman, A., Morrison, H., Phillips, V., and Eichmann, A. (2014), Development of two-moment cloud microphysics for liquid and ice within the NASA Goddard Earth Observing System Model (GEOS-5), *Geosci. Model Dev.*, 7, 1733–1766, <https://doi.org/10.5194/gmd-7-1733-2014>.
 - 14) Figueroa, S. N., Bonatti, J. P., Kubota, P. Y., et al (2016). The Brazilian Global Atmospheric Model (BAM): Performance for Tropical Rainfall Forecasting and Sensitivity to Convective Scheme and Horizontal Resolution, *Weather and Forecasting*, 31(5), 1547-1572.
 - 15) Fowler, L. D., W. C. Skamarock, G. A. Grell, S. R. Freitas, and M. G. Duda, 2016: Analyzing the Grell–Freitas Convection Scheme from Hydrostatic to Nonhydrostatic Scales within a Global Model. *Mon. Wea. Rev.*, 144, 2285–2306. doi:10.1175/MWR-D-15-0311.1
 - 16) Freitas, S. R., Panetta, J., Longo, K. M., Rodrigues, L. F., et al. (2017): The Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System (BRAMS 5.2): an integrated environmental model tuned for tropical areas, *Geosci. Model Dev.*, 10, 189–222, <https://doi.org/10.5194/gmd-10-189-2017>, 2017.
 - 17) Skamarock, W. C.: Positive-definite and monotonic limiters for unrestricted-time-step transport schemes. *Mon. Wea. Rev.*, 134, 2241–2250, 2006.
 - 18) Skamarock, W.C., and Klemp, J.B.: A time-split non-hydrostatic atmospheric model for weather research and forecasting applications. *J. Comput. Phys.*, 227, 3465-3485, doi: 10.1016/j.jcp.2007.01.037, 2008.
 - 19) Skamarock, W. C., Klemp, J. B., Duda, M. G., Fowler, L. D., Park, S.H., and Ringer, T.D.: A multi-scale non-hydrostatic atmospheric model using centroidal Voronoi tessellations and C-grid staggering. *Mon. Wea. Rev.*, 240, 3090-3105, 2012.
 - 20) Wicker, L. J., and Skamarock, W. C.: Time-splitting methods for elastic models using forward time schemes. *Mon. Wea. Rev.*, 130, 2088–2097, 2002.
 - 21) Stevens, B., Satoh, M., Auger, L. et al. (2019), DYAMOND: the DYnamics of the Atmospheric general circulation Modeled On Non-



- hydrostatic Domains, *Prog. Earth Planet. Sci.*, 6, 61, doi:10.1186/s40645-019-0304-z.
- 22) Putman, W., and Lin, S.-J. (2007), Finite Volume Transport on Various Cubed Sphere Grids. *J. Comput. Phys.*, 227, 55–78. doi:10.1016/j.jcp.2007.07.022.
- 23) Skamarock, W. C., M. G. Duda, S. Ha, and S-H. Park, 2018: Limited-Area Atmospheric Modeling Using an Unstructured Mesh. *Mon. Wea. Rev.*, 146, 3445-3460. doi: 10.1175/MWR-D-18-0155.1
- 24) Lin, S. (2004). A “Vertically Lagrangian” Finite-Volume Dynamical Core for Global Models, *Monthly Weather Review*, 132(10), 2293-2307.
- 25) Harris, L. M., & Lin, S. (2013). A Two-Way Nested Global-Regional Dynamical Core on the Cubed-Sphere Grid, *Monthly Weather Review*, 141(1), 283-306.
- 26) J.J. Sutherland.. SCRUM: a arte de fazer o dobro do trabalho na metade do tempo. Sextante; 1ª edição. 2019



Projeto 9: Centro de Previsão de Tempo e Estudo Climáticos

Subprojeto 9.2: Avaliação do impacto das observações com potencial à serem assimiladas no Sistema Comunitário de Modelagem Unificado do Sistema Terrestre.

9.2.1 – Introdução

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) desenvolve o Sistema de Modelagem Global (SMG), que é atualmente composto pelo modelo global *Brazilian global Atmospheric Model* (BAM - Figueroa *et al.*, 2016) e o sistema de Assimilação de Dados *community Gridpoint Statistical Interpolation system* (GSI - Shao *et al.*, 2016). O SMG une a expertise dos especialistas em modelagem global e em assimilação de dados para prover previsões numéricas em escala global de tempo de maior qualidade e principalmente, garantindo a independência técnico-científica na produção de condições iniciais apropriadas para a América do Sul e ajustadas para o modelo BAM.

Por outro lado, considera-se o planejamento do desenvolvimento e operacionalização de um sistema de modelagem comunitário e unificado - o Modelo Comunitário do Sistema Terrestre Unificado (MCSTU), para produzir previsões com ênfase na região tropical e foco sobre a América do Sul. Esta iniciativa, liderada pelo INPE e que contará com esforços de diversas instituições nacionais, tem por objetivo atender as necessidades dos setores produtivo e social em termos de previsões numéricas para minimizar os impactos devido à ocorrência de eventos extremos de tempo e clima. O MUCST deverá substituir o atual modelo global BAM e proverá previsões numéricas de tempo, clima e qualidade do ar em diferentes escalas espaciais e temporais.

Dentro do escopo do desenvolvimento deste novo sistema, o MUCST será a componente de modelagem numérica da atmosfera e seu acoplamento com as diferentes componentes do Sistema Terrestre, e o GSI será o sistema de Assimilação de Dados, que incluirá todos os esforços dispendidos em seu atual desenvolvimento e aprimoramento. O GSI será utilizado para prover as condições iniciais para o MUCST tendo em vista que é um sistema variacional comunitário, utilizado por vários centros operacionais de meteorologia, incluindo o *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), o *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) e o *Air Force Weather Agency* (AFWA). Ao longo dos anos, o GSI tornou-se um sistema comunitário por meio de um esforço conjunto liderado pelo *Developmental Testbed Centre* (DTC) em colaboração com o *National Centers for Environmental Prediction* (NCEP). O GSI é o resultado de diversos colaboradores focados no desenvolvimento de um esquema 3DVar modular, eficiente e unificado, formulado no espaço da grade. Ele foi projetado para ser executado em várias plataformas computacionais e para gerar análises para diferentes modelos de previsão numérica. Seu código é suficientemente flexível para receber desenvolvimentos científicos futuros, como novos tipos de observação, seleção de dados aprimorada, novas variáveis de análise, covariâncias de erro de

background anisotrópicas e a possibilidade de expansão para assimilação de dados 4DVar. Devido ao aspecto comunitário do GSI, diversas facilidades foram incorporadas ao sistema. Entre elas, pode-se citar a inclusão de novos tipos de observação. O GSI também disponibiliza as informações que indicam o erro médio da previsão, que é dado pela diferença entre as observações e o modelo (OmF - Observação menos Previsão) e o incremento de análise, que é dado pelo valor obtido a partir da diferença entre a Observação e a Análise (OmA - Observação menos Análise). Estas informações são importantes para o desenvolvimento de metodologias de avaliação de impacto das observações na qualidade das previsões, que é uma estratégia para diagnosticar e monitorar o desempenho do processo de assimilação de dados. Nessa estratégia, não apenas o processo de assimilação é avaliado, como também, de forma conjunta, toda a base de dados utilizada, bem como o próprio modelo de previsão.

Ferramentas dedicadas para a avaliação de impacto dos dados observacionais têm recebido fortes investimentos e têm sido exploradas por todos os principais centros de previsão de tempo mundiais. Um exemplo é o trabalho de Cardinali (2009) que apresenta a aplicação da avaliação de impacto dos dados nos produtos do *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF). Diversas técnicas foram desenvolvidas, as quais estão estritamente relacionadas com o método aplicado no sistema de assimilação de dados. Destacam-se os métodos variacionais (Cardinali, 2009) ou aqueles baseados no filtro de Kalman por conjunto (Liu and Kalnay, 2008). Esses métodos são custosos pois envolvem o modelo adjunto, no caso dos métodos variacionais, e uma previsão por conjunto, no caso dos métodos que utilizam o filtro de Kalman por conjunto. Um estudo preliminar foi realizado no INPE utilizando a abordagem do filtro de Kalman aplicado nos resultados obtidos com o uso do *Local Ensemble Transform Kalman Filter* (LETKF - Diniz, 2012). Uma metodologia mais viável para ser implementada no INPE é a que foi sugerida por Todling (2013), em que a avaliação do impacto das observações é realizada no espaço das observações. O impacto é obtido pelo quadrado das diferenças entre as quantidades observadas e previstas pelo modelo em um tempo t ponderado pela matriz de variância-covariância das observações. Os resultados de Todling (2013) indicaram que o tempo t pode ser igual ao passo de tempo de análise, de tal forma que esse método pode ser aplicado fazendo uso dos valores OmF e OmA. Desta forma, não há a necessidade do uso de um modelo adjunto ou outros métodos que requeiram um alto custo computacional.

Em vista do exposto, a presente proposta visa investigar uma ferramenta de avaliação do impacto da base de dados disponível no INPE na qualidade da previsão de tempo com base na metodologia proposta por Todling (2013). Esta metodologia permitirá que os modelos numéricos sejam melhor diagnosticados antes do processo de operacionalização. A ferramenta ainda possibilitará monitorar o desempenho em tempo real dos três componentes envolvidos no processo de produção de previsões: (1) assimilação de dados; (2) base de dados utilizada e (3) modelo de previsão numérica.

Vale ressaltar que a avaliação de impacto proposta neste projeto permitirá que sejam quantificados os benefícios de cada sistema de observação, bem como diagnosticadas as suas deficiências e possíveis imperfeições quando for o caso. Espera-se que essa ferramenta, sendo empregada operacionalmente, permita o monitoramento do impacto da base de dados utilizada, auxiliando os grupos responsáveis pelos diferentes tipos de dados no aprimoramento dos mesmos e os gestores para identificar áreas deficitárias que requerem investimento de recursos humanos e de infraestrutura.

Este subprojeto consta no Projeto 9 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 444327/2018-5, disponível na página do INPE. Está relacionado ao Termo de Abertura de Projeto “Desenvolvimento do Modelo Comunitário do Sistema Terrestre Unificado.” Essa proposta está associada ao **Objetivo Específico 2** do Projeto 9, no que se refere ao aprimoramento do fluxo de dados meteorológicos e também no **Objetivo Específico 3**, no que se refere ao aprimoramento de sistema de informações providas de satélites para assimilação de dados, nos quais ambos contemplam pesquisa e desenvolvimento de ferramentas de análise da qualidade de dados.

9.2.2 - Objetivo geral da proposta

Investigar o impacto da base de dados assimilados no GSI na qualidade da previsão numérica de tempo gerada operacionalmente pelo modelo global desenvolvido pelo INPE.

O objetivo desse projeto está associado ao **Objetivo Estratégico 2** do plano diretor 2018-2023 que trata de desenvolver a nova geração do sistema de modelagem numérica atmosfera-oceano-superfície. De forma mais específica, à **Meta 2.1** que visa implementar a assimilação de dados no modelo unificado atmosférico global, no qual consta a preparação da base de dados para a assimilação, em que a presente proposta deverá contribuir.

Objetivos Específicos

1. Desenvolver uma ferramenta de avaliação do impacto para o conjunto de dados convencionais utilizados operacionalmente no INPE a partir da metodologia de avaliação de impacto no espaço da observação proposta por Todling (2013);
2. Validar a ferramenta desenvolvida e incorporar a avaliação dos dados de radiância dos diferentes sensores disponíveis operacionalmente no INPE;
3. Comparar os resultados encontrados a partir do uso da ferramenta desenvolvida com os achados de pesquisas já realizadas por outros centros meteorológicos;
4. Adaptar a ferramenta de avaliação de impacto para uso no MCSTU.



9.2.3 - Insumos

9.2.3.1 – Custeio

Finalidade	Item de Custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)
Capacitação em sistemas de diagnóstico e avaliação da assimilação de dados	R\$0,00	R\$0,00

9.2.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
9.2.1	Profissional com 7 (sete) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior em Meteorologia, matemática, física e áreas afins ou com título de doutor; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 4 (quatro) ano		1-4	D-B	2	1

9.2.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2020	2021
			Dez	Jan
1. Organização do ambiente de trabalho usando o sistema de modelagem global atual do INPE	1	Sistema SMG adequado para a pesquisa	X	
2. Execução do Sistema SMG pelo período de 1 mês usando dados convencionais e dados amsua	1	Geração de arquivos OmF e OmA para 1 mês de simulação	X	
3. Desenvolvimento de um software básico para a avaliação de impacto dos dados convencionais	1	Possuir um software funcional que gere resultados preliminares sobre o impacto	X	X
4. Testes iniciais do sistema de avaliação diagnóstica e elaboração de novas funcionalidades	1	Avaliação diagnóstica disponível e funcional para a pesquisa	X	X
5. Melhoramento da Ferramenta de impacto para acomodar novos conjuntos de dados	2	Ter a ferramenta de impacto com opções flexíveis para a inclusão de novos conjuntos de dados		X

6. Ajustes no sistema de avaliação de impacto e melhoramento das ferramentas de visualização	2	Avaliação diagnóstica disponível e funcional para a pesquisa com melhorias nas ferramentas de visualização de impacto das observações		X
7. Realização de simulação semelhante à atividade 2 e a inclusão de sensores hiperspectrais	2	Geração de arquivos OmF e OmA para 1 mês de simulação com conjunto maior de dados observacionais		X
8. Avaliação do impacto de diferentes tipos de observação na previsão de tempo gerada pelo SMG	2	Gráficos e tabelas com indicadores do impacto individual de cada tipo de observação na geração da análise e previsão numérica de tempo		X
9. Elaboração de relatórios para divulgação dos resultados obtidos na pesquisa	1-2	Relatórios e demais trabalhos técnicos e científicos	X	X

9.2.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre			
	2020		2021	
	Dez	Dez	Jan	Jan
Atividade 1	X			
Atividade 2		X		
Atividade 3		X	X	X
Atividade 4			X	X
Atividade 5				X
Atividade 6				X
Atividade 7				X
Atividade 8				X
Atividade 9		X		X

9.2.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2021	2022
			Dez	Jan
Diagnóstico do Impacto dos dados convencionais e de radiância, incluindo sensores hiperspectrais na geração da análise e das previsões de tempo com ênfase sobre a América do Sul.	1	Relatório técnico		X
Versão Inicial de Ferramenta para a avaliação de Impacto do uso de observações no processo de assimilação e previsão numérica de tempo	1-2	Relatório técnico		X

9.2.8 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2021	2022
			Dez	Jan
1. Aprimoramento do operador de observações de radiância do GSI	1	Versão do GSI com melhores resultados na assimilação de radiância	X	X



2. Otimização dos benefícios da assimilação de dados de radiância no GSI	1	Versão do SMG com maior impacto dos dados de radiância	X	X
3. Aprimoramento da assimilação de dados usada no CPTEC	1	Versão do SMG com resultados quantitativamente melhores que a versão anterior .		X

9.2.8 - Recursos Solicitados

9.2.8.1 Custeio:

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

9.2.8.2 Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00	2	1	8.320,00
	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\$)					8.320,00

9.2.9 - Equipe do Projeto

Supervisor:

- João Gerd Zell de Mattos

Colaboradores:

- Luiz Fernando Sapucci
- Carlos Frederico Bastarz



9.2.10 - Referências Bibliográficas consultadas

1. Cardinali, C. (2009), Monitoring the observation impact on the short-range forecast. Q.J.R. Meteorol. Soc., 135: 239-250. doi:[10.1002/qj.366](https://doi.org/10.1002/qj.366)
 2. DINIZ, FABIO; **Impacto das observações nas previsões de curto prazo.** Dissertação de Mestrado. Meteorologia do INPE. São José dos Campos, 2012
 3. Figueroa, S. N., Bonatti, J. P., Kubota, P. Y., Grell, G. A., Morrison, H., Barros, S. R. M., Fernandez, J. P. R., Ramirez, E., Siqueira, L., Luzia, G., Silva, J., Silva, J. R., Pendharkar, J., Capistrano, V. B., Alvim, D. S., Enoré, D. P., Diniz, F. L. R., Satyamurti, P., Cavalcanti, I. F. A., Nobre, P., Barbosa, H. M. J., Mendes, C. L., & Panetta, J. (2016). **The Brazilian Global Atmospheric Model (BAM): Performance for Tropical Rainfall Forecasting and Sensitivity to Convective Scheme and Horizontal Resolution**, Weather and Forecasting, 31(5), 1547-1572. Retrieved Aug 6, 2021, from https://journals.ametsoc.org/view/journals/wefo/31/5/waf-d-16-0062_1.xml
 4. J. LIU, E. KALNAY: **Estimating observation impact without adjoint model in an ensemble Kalman filter.** 2008. QJRMS, 134, 1327-1335.
 5. Shao, H., J. Derber, X.-Y. Huang, M. Hu, K. Newman, D. Stark, M. Lueken, C. Zhou, L. Nance, Y.-H. Kuo, B. Brown, 2016: **Bridging Research to Operations Transitions: Status and Plans of Community GSI.** Bull. Amer. Meteor. Soc., 97, 1427-1440, doi: 10.1175/BAMS-D-13-00245.1.
- TODLING, R. **Comparing two approaches for assessing observation impact.** 2013. Monthly Weather Review, 141, 1484-1505.