



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



# **Plano Institucional de Internacionalização da Pós-Graduação**

**Ciências, Aplicações e Tecnologias Espaciais**

**2018 – 2022**



**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**  
**Plano Institucional de Internacionalização da Pós-Graduação**  
2018 – 2022

**Comissão do Plano de Internacionalização**

Kleber Pinheiro Naccarato (Presidente)  
Alisson Dal Lago  
Antônio Fernando Bertachini de Almeida Prado  
Celso von Randow  
Cristiano Max Wrasse  
Dirceu Luis Herdies  
Ieda Del'Arco Sanches  
José Carlos Neves de Araújo  
Karine Reis Ferreira  
Luiz Eduardo Oliveira e Cruz de Aragão  
Maria Virgínia Alves  
Odylio Denys de Aguiar  
Rafael Duarte Coelho dos Santos  
Walter Abrahão dos Santos

## 1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Ao longo de seus mais de 50 anos, o INPE adquiriu competências em atividades de desenvolvimento científico e tecnológico, gerando conhecimentos, produtos, processos e serviços que são difundidos à sociedade. As competências científicas e tecnológicas do INPE, reconhecidas nacional e internacionalmente, estão concentradas em 5 grandes áreas temáticas, descritas a seguir:

### 1. Ciências Espaciais e Atmosféricas

A área de Ciências Espaciais e Atmosféricas (CEA) tem por objetivo realizar pesquisas básicas e aplicadas com a finalidade de entender fenômenos físicos e químicos que ocorrem na atmosfera e no espaço nas áreas de Aeronáutica, Astrofísica e Geofísica Espacial. Muitas dessas pesquisas são únicas no país, enquanto algumas, além de únicas, são estratégicas. Por exemplo, a CEA é pioneira no Brasil em: astronomia espacial; rádio interferometria; detectores de ondas gravitacionais; instrumentação em astronomia no infravermelho; observação remota de cunho didático; desenvolvimento de instrumentos para medidas de campo geomagnético, bem como para estudos que envolvem fenômenos peculiares à região equatorial e ao hemisfério sul. Dentre esses, destacam-se as bolhas ionosféricas, anomalia de ionização equatorial, anomalia magnética da América do Sul, eventos luminosos transientes e emissões de alta energia de sistemas convectivos, por estarem atreladas a desafios relacionados a desenvolvimentos tecnológicos demandados pela sociedade brasileira. A CEA lidera o único projeto brasileiro de um detector de ondas gravitacionais e também é a única no país que participa (desde 2011) do desenvolvimento instrumental do observatório LIGO, que detectou pela primeira vez as ondas gravitacionais em 2015. As atividades de pesquisa básica e aplicada na área espacial demandam o desenvolvimento tecnológico para sua realização, em razão da contínua necessidade de se conduzir novos experimentos para melhoria do conhecimento científico. Como consequência, já foram projetados e construídos no INPE diversos instrumentos e cargas úteis lançadas em foguetes de sondagem, balões estratosféricos e satélites para estudos científicos.

O Programa Estudo e Monitoramento Brasileiro de Clima Espacial (Embrace) foi criado em agosto 2007 para desenvolver e operar um programa de clima espacial. Esse programa transversal, atua principalmente em parceria com o Laboratório Associado de Computação e Matemática Aplicada (CTE) e com a Divisão de Sistemas de Solo (ETE) do INPE. O principal objetivo do Programa Embrace/INPE é monitorar o clima no Espaço e prever o tempo desde o Sol, passando pelo Espaço Interplanetário, pela Magnetosfera, chegando à Atmosfera (Ionosfera), a fim de fornecer informações úteis para as comunidades espaciais e áreas tecnológicas, industriais e acadêmicas. Em seu curto período de vida, o Programa Embrace/INPE foi nomeado como o Centro de Alerta Regional do Brasil para Previsão do Clima Espacial, único na América do Sul e Latina, membro da International Space Environment Services (ISES), organização na qual seus representantes discutem e propõem mecanismos de alerta e de procedimentos de defesa para os sistemas tecnológicos da era espacial. Entre estes se enquadram os sistemas de telecomunicação por satélite, sistemas de georreferenciamento com base nos sistemas GNSS (usados em agricultura de precisão), sistemas de segurança de voo, sistemas energéticos de grande dimensão, sistemas de proteção e de controle de atitude de satélites, entre outros.

### 2. Engenharia e Tecnologia Espaciais

Em Engenharia e Tecnologia Espacial são empreendidos esforços para o desenvolvimento e a difusão de tecnologias de sistemas espaciais, principalmente satélites, que apoiam os programas das áreas científicas e de aplicações. São desenvolvidos sistemas de solo, mecânica espacial e controle, eletrônica aeroespacial e manufaturas. Vinculados a essas áreas atuam os Laboratórios Associados, na pesquisa, desenvolvimento e inovação em plasma, sensores e novos materiais, combustão e propulsão, computação e matemática aplicada.

A consolidação e a ampliação do Programa Espacial Brasileiro requerem a abertura de novas frentes em termos de missões espaciais, objetivando envolver a sociedade brasileira de forma mais dinâmica e sustentável, em particular o setor privado (indústria e serviços), as universidades e os institutos de pesquisa. Nesse contexto, a criação contínua de oportunidades e o engajamento dos atores nacionais e internacionais são fundamentais para a sustentabilidade dos investimentos nessa área. As novas missões devem também possibilitar, em futuro próximo, a realização de todo o ciclo de desenvolvimento espacial em território nacional, com o lançamento de um satélite com forte participação da indústria a partir de um veículo lançador também brasileiro. As ações deste objetivo estratégico requerem a identificação das necessidades, oportunidades e posterior avaliação de viabilidade para então serem fomentadas e implementadas. Nessas análises, deverá ser realizado o enquadramento da nova missão quanto à disponibilidade de recursos, paralelização de esforços, alinhamento com planejamento institucional e nacional, e oportunidade futura para implementação.

O domínio de certas tecnologias consideradas críticas viabiliza importantes avanços no Programa Espacial. São tecnologias que permitem uma mudança de patamar, em termos de aplicações e dos resultados que proporcionam. São também consideradas críticas pelos impactos que causam nos processos produtivos e produtos, com spinoffs em vários campos das aplicações industriais. A pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias críticas no INPE estão concentrados basicamente em duas coordenações: Laboratórios Associados (CTE) e Engenharia e Tecnologia Espacial (ETE). A CTE, por meio de seus quatro Laboratórios Associados, dedica-se ao desenvolvimento de tecnologias críticas, produtos e processos inovadores nas áreas de sua competência: novos materiais, sensores, plasma, combustão e propulsão para satélites, computação científica e processamento de alto desempenho. Essas áreas de pesquisa e desenvolvimento possuem vínculos estreitos com o setor espacial e visam atender às demandas específicas do Programa Espacial Brasileiro e de outros programas estratégicos de governo na área espacial. Além de desenvolver dispositivos, métodos e processos inovadores para o setor, a CTE também se destaca pela geração e disseminação de resultados científicos e tecnológicos inéditos em níveis internacionais, assim como pela atuação na formação e capacitação de recursos humanos em nível de pós-graduação.

O Laboratório de Integração e Testes (LIT) possui capacidade para Montar, Integrar e Testar (AIT) sistemas espaciais de até 2 toneladas e 4 metros de dimensão máxima. A Estratégia Nacional de Ciência Tecnologia e Inovação (ENCTI), a Estratégia Nacional de Defesa (END), os programas Satélite Geoestacionário para Defesa e Comunicações Estratégicas (SGDC) e o Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE) definem desafios que para o LIT implicam na capacidade de montar, integrar e testar satélites de até 6 toneladas e 7 metros de dimensão máxima, como serão os futuros satélites geoestacionários para telecomunicações e aplicações meteorológicas, bem como satélites de sensoriamento remoto baseados na tecnologia radar.

### **3. Observação da Terra**

As Ciências da Observação da Terra (OBT) incluem pesquisa e desenvolvimento de tecnologias e metodologias para extração de informações de dados de satélites, que atendem às diversas aplicações em sensoriamento remoto e geoinformática. A OBT é composta por três divisões: (1) Divisão de Sensoriamento Remoto (DSR), (2) Divisão de Processamento de Imagens (DPI) e (3) Divisão de Geração de Imagens (DGI). A DSR foi criada em 1964, foi pioneira no Brasil no domínio do sensoriamento remoto e suas aplicações e pode ser considerada a semente do que é hoje a OBT. O programa de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto (PG-SER) foi instituído em 1972. Em 1974 foi estabelecida a DGI com a missão de receber, armazenar, e distribuir imagens de observação da Terra. A DPI foi criada em 1984, com a missão de realizar P&D nas áreas de Geoinformática e de processamento digital de imagens. Além da infraestrutura de P&D localizada em São José dos Campos, a OBT administra o Centro de Dados de Sensoriamento Remoto (CDSR), em Cachoeira Paulista e a Estação de Recepção e Gravação (ERG) em Cuiabá. O Programa Amazônia (PAMZ) foi criado em 1988, com o objetivo de coordenar as atividades de P&D de tecnologia espacial para a Amazônia, especialmente para o monitoramento da dinâmica da cobertura da Terra. A partir de 2002, a OBT responsabilizou-se pelo Segmento de Aplicações do Programa CBERS; seu

objetivo é fomentar o uso das imagens CBERS, aprimorar a qualidade das imagens já recebidas e trabalhar na definição e no desenvolvimento das missões futuras. Em 2010, o INPE criou o Programa Espaço e Sociedade, para ampliar e levar os benefícios e produtos do programa espacial ao cidadão, através da articulação de recursos entre parceiros institucionais, governo, terceiro setor e iniciativa privada. Todas essas competências combinam-se para compor um grupo de P&D único. Em quase todos os demais programas espaciais (como EUA, Europa, Índia, China), responsabilidades similares as que a OBT tem estão em instituições distintas. Isso faz da OBT um rico ambiente interdisciplinar, no qual as competências se complementam fortemente.

No OBT, as imagens de satélite são utilizadas em diferentes aplicações: na gestão de florestas, monitoramento de uso da terra, estudos de impacto ambiental, licenciamento e planejamento de assentamentos, planejamento urbano etc. O monitoramento do desmatamento e do uso da terra na Amazônia, atividade oficialmente realizada pelo INPE desde 1988, oferece subsídios à formulação de políticas públicas e às ações de fiscalização e controle ambiental do governo federal. Com grande visibilidade, seus resultados são divulgados na Internet e acompanhados por ONGs, comunidade científica nacional e internacional, mídia e sociedade brasileira em geral. Entre os sistemas de monitoramento da Amazônia desenvolvidos pelo INPE, destacam-se o PRODES e o DETER. O PRODES mede as taxas anuais de desflorestamento desde 1988, fazendo uso de imagens de diversos satélites, principalmente os da série LANDSAT, como também os da série CBERS, com resolução de 20 a 30 metros e revisitas de 15 a 26 dias, que permitem mapear desmatamentos superiores a uma área de 6,25 hectares. O DETER, por sua vez, é um sistema de alerta de apoio à fiscalização e controle do desmatamento, que utiliza imagens do sensor MODIS, do satélite Terra, da NASA, com frequência temporal de dois dias e resolução espacial de 250 m. É possível detectar desmatamentos de áreas a partir de 0,25 km<sup>2</sup> (ou 25 hectares). Os dados são enviados diariamente ao IBAMA, responsável por fiscalizar atividades ilegais de degradação. A alta frequência de observação dos satélites sobre a região reduz a limitação imposta pela cobertura de nuvens, compensando ainda as deficiências da resolução espacial. O DETER indica tanto áreas de corte raso (retirada total da floresta) como de degradação progressiva (áreas em processo de desmate). As novas dinâmicas do uso da terra impõe um desafio ao INPE: conceber e lançar satélites brasileiros que, em conjunto com sensores estrangeiros, permitam melhorar a resolução das imagens usadas no DETER, mantendo a alta frequência temporal das passagens. Esses novos satélites também seriam úteis para qualificar os dados do PRODES e do DETER com imagens de melhor resolução, fornecendo uma amostragem adequada e estatisticamente mais significativa das áreas monitoradas. Tais necessidades levaram à concepção dos satélites da série CBERS e do Amazônia-1.

A área de Geoinformática da OBT realiza pesquisa e desenvolvimento de geotecnologias abertas e acessíveis. O sistema de informações geográficas SPRING, criado nos anos 1990, ainda hoje é distribuído gratuitamente na internet, com uma média anual de 10000 downloads. A biblioteca TerraLib permitiu desenvolver o TerraView (GIS de propósito geral) e aplicações de propósito específico TerraAmazon, TerraHidro, TerraMA2 e GeoDMA. Essas ferramentas apoiaram a construção de redes cooperativas nacionais pelo Programa Espaço e Sociedade. Entre os bons resultados está a o TerraView Política Social, ferramenta voltada para análises especiais a partir de dados demográficos, econômicos e sociais, em cooperação com o Centro de Estudos da Metrópole.

#### **4. Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos**

O aumento observado, no passado recente, da frequência e intensidade dos eventos hidrometeorológicos extremos sobre o Brasil tem causado danos expressivos à sociedade. Destacam-se as secas prolongadas, com grande impacto na agricultura, na geração de energia elétrica e no abastecimento de água; chuvas torrenciais, causadoras de enchentes e deslizamentos de terra em áreas urbanas; alagamentos nas cidades litorâneas, devido a mudanças nas marés; aumento da poluição atmosférica, devido a queimadas e uso de combustíveis fósseis afetando a saúde pública, entre outros. Dessa forma, é fundamental o desenvolvimento de um sistema avançado de modelagem numérica, capaz de prever tais

fenômenos ambientais com a maior antecedência possível, para dar suporte às tomadas de decisões e, assim, proteger vidas e danos à propriedade. Para simular e compreender essa grande gama de fenômenos que afetam a sociedade e as atividades humanas, os principais centros de previsão mundiais têm investido em modelos numéricos capazes de representar de forma integrada os processos atmosféricos, oceânicos, de superfície continental e da química e poluição do ar, conhecidos como Modelos do Sistema Terrestre.

Os esforços para a implementação da previsão numérica de tempo iniciaram-se ainda na década de 1980. Com a inauguração do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), em 1994, o Brasil passou a oferecer e divulgar livremente pela Internet previsões de tempo, clima e ambiental, além de uma série de produtos meteorológicos. Aos poucos, com a introdução de novas tecnologias e supercomputadores mais velozes, os produtos se ampliaram e ganharam maior confiabilidade. O CPTEC produz atualmente previsões de tempo de curto e médio prazos, da qualidade do ar, além de dominar técnicas de modelagem numérica altamente complexa da atmosfera e dos oceanos. Suas atividades operacionais incluem monitoramentos e previsões de tempo de curto e médio prazos, clima sazonal, qualidade do ar e previsões oceânicas (ondas e ventos), cujos produtos são obtidos a partir do processamento de modelos do supercomputador Tupã (Cray – XT6), com velocidade de 250 TFlops. Era um dos mais poderosos do mundo para previsão de tempo e clima quando foi adquirido em 2010. Com esse supercomputador, foi desenvolvida uma nova versão do Modelo de Circulação Global Atmosférica, validado para 45 e 20km de resolução horizontal, com resultados satisfatórios, comparáveis ao do modelo norte-americano.

O CPTEC fornece operacionalmente previsões numéricas de tempo com antecedência de 3 a 11 dias, com resolução horizontal que chega a 5 km, para a América do Sul, e previsões climáticas sazonais com 40 km de resolução. O modelo de clima regional também fornece previsão por conjunto (Ensemble) em alta resolução espacial em apoio a ações de monitoramento de desastres naturais, de planejamento da distribuição de energia, no planejamento agrícola, entre outros. A previsão climática sazonal, com antecedência de seis meses, passou a ser processada com um modelo acoplado atmosfera-oceano e em um sistema de previsão por conjuntos (Ensemble), metodologia utilizada nos principais centros mundiais de previsão de tempo. O Centro desenvolveu um modelo operacional de previsão e monitoramento da poluição atmosférica que permite acompanhar a trajetória de plumas de aerossóis provenientes das queimadas e da poluição urbana e industrial. Também são geradas previsões oceânicas, com modelos de ondas e ventos marinhos e costeiros. Uma série de produtos é desenvolvida a partir de dados e imagens de satélites e radares processados no CPTEC, como é o caso do sistema de detecção de queimadas e o de previsão de trajetória de nuvens de chuva.

## **5. Centro de Ciência do Sistema Terrestre**

O desenvolvimento econômico verificado, principalmente, nos últimos 200 anos, trouxe prosperidade e bem-estar para os seres humanos. A conquista desses benefícios está fortemente ligada à exploração de recursos naturais, como energia, terra e água para produção agrícola, recursos hídricos, entre outros. Porém, o uso predatório desses recursos naturais e dos serviços vitais dos ecossistemas pode estar colocando em risco a manutenção dessa qualidade de vida para as gerações futuras. Ainda não existe um adequado entendimento sobre as consequências dessa forma de exploração dos recursos naturais a longo prazo.

Com a criação do Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST), em 2008, o INPE fortaleceu as pesquisas e os desenvolvimentos sobre mudanças ambientais globais, ampliando o conhecimento sobre os processos correlacionados a esse tema e seus impactos no país. Nesse contexto, o CCST tem como objetivo, em colaboração com o CPTEC, formular cenários climáticos futuros, bem como cenários de mudanças na cobertura do solo, incluindo a componente social. As pesquisas na área vêm oferecendo subsídios às políticas públicas para o enfrentamento dos problemas relacionados às mudanças do clima, tanto no plano nacional como no internacional, colaborando com a formulação de um novo modelo de desenvolvimento sustentável para o país. Assim, o CCST desenvolve pesquisas que auxiliam na busca de

soluções cientificamente embasadas, que permitam à sociedade brasileira caminhar em direção a um desenvolvimento sustentável, seguro e socialmente justo. O Centro segue e participa da definição de novos paradigmas científicos, os quais vêm sendo apresentados pela comunidade internacional, em particular no escopo do Future Earth ([www.futureearth.org](http://www.futureearth.org)), que defende a pesquisa realizada com foco em soluções de problemas atuais, por meio de subsídios às políticas públicas. Nesse contexto, o Centro tem como objetivo a formulação de cenários para um desenvolvimento nacional sustentável, fortemente embasados em redes de monitoramento de dados ambientais e modelagem do Sistema Terrestre, integrando e ampliando as competências do Centro.

No panorama técnico-científico, o Brasil conta com várias instituições governamentais que atuam na esfera ambiental e socioeconômica com foco bem definido (disciplinar). No caso do CCST, a interação entre as várias disciplinas (multi e transdisciplinar) e setores, com vistas à solução de problemas decorrentes das mudanças ambientais globais direciona suas atividades, buscando um desenvolvimento sustentável que concilie o bom funcionamento das esferas econômica, social e ambiental. A proposta de organização do CCST prevê uma estrutura de operação baseada em três componentes: Modelagem, Diagnósticos e Cenários e Redes Observacionais, integrando desde estudos de clima até estudos socioeconômicos, na busca de respostas e de propostas sustentáveis para problemas tais como segurança hídrica, segurança alimentar e segurança energética. Esses componentes têm objetivos e metas específicas, porém complementares, com atividades integradas através de projetos transversais.

## 2. INTERNACIONALIZAÇÃO DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO

A competência do INPE nas diferentes áreas científicas e tecnológicas tem como base os seus Programas de Pós-Graduação (PPG), presentes na instituição desde a década de 1960, formando especialistas e acadêmicos que contribuem com a criação de novos núcleos de graduação e pós-graduação no país. Destacam-se também as competências relacionais e organizacionais que permitem ao INPE interagir com instituições nacionais e internacionais, públicas e privadas, por meio de acordos de cooperação e parcerias em diversos campos de interesse. Tradicionalmente, todas as atividades do INPE ao longo de seus mais de 50 anos de história sempre tiveram algum tipo de internacionalização, seja no intercâmbio de pesquisadores (docentes) ou de estudantes (discentes), seja na forma de colaborações nas suas mais diferentes formas: projetos de cooperação, publicações conjuntas, cursos e treinamentos, transferência de tecnologias, entre outras.

### 1. Astrofísica

O Programa de Pós-Graduação em Astrofísica (PPG-AST) surgiu com um caráter diferenciado, com forte viés em desenvolvimento instrumental. Ainda hoje é único no país por contar com áreas instrumentais em Astrofísica de Altas Energias e Ondas Gravitacionais. As pesquisas de caráter teórico e observacional desenvolvidas no Programa retroalimentam o desenvolvimento de instrumentos. Na área de Astrofísica, a investigação científica dos astros e Universo têm enfrentado desafios tecnológicos cada vez mais ambiciosos e competitivos. O desenvolvimento instrumental abrange todo o espectro eletromagnético, desde de radiofrequências, passando pelo intervalo óptico e infravermelho até altas energias. Investiga-se a constituição, formação, evolução e fenomenologia de objetos astrofísicos diversos por meio da coleta/análise de dados observacionais e construção de modelos teóricos. As linhas de pesquisa do PPG-AST são: Astrofísica de Altas Energias, Cosmologia, Astrofísica Óptica e Infravermelho, Radiofísica, Física do Meio Interplanetário, Ondas Gravitacionais e, mais recentemente incluída, Clima Espacial.

Há diversos convênios com instituições da Europa, EUA e Ásia, estabelecendo o intercâmbio com instituições internacionais de pesquisa astrofísica. Tais intercâmbios propiciam a vinda de pesquisadores estrangeiros ao Brasil e a ida de integrantes dos corpos docente e discente a centros de competência reconhecida, nas diversas áreas de atuação da PG-AST. Esta forte interação internacional tem sido de grande valia para a condução de várias atividades de pesquisa, além de proporcionar o acesso a vários tipos de dados que, por limitação

tecnológica, ainda não encontram par em países em desenvolvimento. Além disso, o intercâmbio com outros observatórios e experimentos a bordo de satélites, permite o acesso a dados complementares em outras bandas do espectro e que utilizam outras tecnologias de hardware e software, bem como novas metodologias de tratamento e análise de dados que, de outra forma, não estariam acessíveis a nossos discentes e pesquisadores. Neste sentido, pode-se ressaltar a infraestrutura do projeto Brazilian Decimetric Array (BDA), multi-institucional e multinacional, que engloba a colaboração ampla e coordenada de várias instituições no Brasil: INPE, UFSCar e PUC-MG; e no exterior: Instituto Indiano de Astrofísica, Centro Nacional de Radio Astronomia, Instituto Tata de Pesquisa Fundamental e Radiotelescópio Gigante de Ondas Métricas, da Índia, Observatório Nobeyama, do Japão, bem como o Laboratório de Radioastronomia e Laboratório de Ciências Espaciais da Universidade de Berkeley, e o Instituto Tecnológico de Nova Jersey, Estados Unidos. O projeto vem sendo conduzido há mais de 10 anos com base nessa ampla colaboração, produzindo trabalhos de mestrado e doutorado em aspectos da instrumentação e análise de dados, transferência de tecnologia de ponta, inclusive para a indústria nacional, o intercâmbio de cientistas e engenheiros das várias instituições e o treinamento de membros da equipe brasileira em técnicas e prática de interferometria de ondas de rádio.

Outro exemplo de importante intercâmbio internacional ocorreu no projeto Mario Schenberg (detector brasileiro de ondas gravitacionais). Este projeto apresentou intercâmbio com os seguintes experimentos: detector esférico holandês Mini-GRAIL, detector barra americano ALLEGRO, detectores barra italianos EXPLORER, NAUTILUS e AURIGA. Visitas recíprocas, estágios de pós-doutoramento e sanduíches foram realizados com regularidade. Visitas de curto período foram também realizadas junto aos grupos dos observatórios: LISA (NASA/ESA), LIGO (EUA) e VIRGO (França/Itália). O intercâmbio deste projeto com grupos internacionais foi responsável pelo Mini-Grail adquirir no Brasil a esfera empregada em seu detector. Destaca-se o ingresso formal de dois docentes e dois discentes da PG-AST no convênio LIGO a partir de 2011 e o envolvimento deles, junto com toda a colaboração científica LIGO, nas primeiras detecções de ondas gravitacionais, ocorridas em 2015, que renderam quatro prêmios internacionais para esses docentes e discentes da PG-AST e o prêmio Nobel de Física de 2017 para três PIs da colaboração.

O Grupo de Cosmologia Observacional também mantém colaborações científicas com diversas instituições internacionais e tem entre os colaboradores estrangeiros, dois responsáveis pelo satélite Planck da ESA (Prof. Marco Bersanelli e Prof. Nazareno Mandolesi), e um dos agraciados com o Prêmio Nobel de Física de 2006 (Prof. George Smoot, da Universidade da Califórnia, Berkeley). O Prof. Smoot, um dos ganhadores do Prêmio Nobel de Física de 2006, colabora com o grupo há 25 anos, tendo vários trabalhos em conjunto publicados com os membros do grupo. Atualmente, a maior colaboração com o Prof. Smoot se dá no experimento GEM (Galactic Emission Mapping). O desenvolvimento de instrumentação para medida da emissão sincrotron da nossa galáxia possibilitou uma colaboração, formalizada em 2009, com o Instituto de Telecomunicações de Aveiro, em Portugal que contempla a consultoria e transferência de tecnologia para instalação de uma antena semelhante ao GEM em Pampilhosa da Serra (Aveiro, Portugal) para aumentar a cobertura do céu no programa de mapeamento sincrotron da Galáxia.

Os convênios e parcerias / colaborações formais (existe MoU) são as seguintes:

#### COLABORAÇÃO ENTRE O GWINPE E A LIGO SCIENTIFIC COLLABORATION

Título do projeto: Multi-Nested Pendula, LIGO Voyager, LIGO DetChar;

Nome do docente: Odylio Denys de Aguiar;

Nome das instituições com as quais colabora: Abilene Christian University, Albert-Einstein Institut, Andrews University, American University, California Institute of Technology, California State Univ., Fullerton, Canadian Inst. Th. Astrophysics, Carleton College, College of William and Mary Columbia U. in the City of New York, Embry-Riddle Aeronautical Univ., Eötvös Loránd University, Georgia Institute of Technology, Goddard Space Flight Center, Hobart & William Smith Colleges, ICTP-SAIFR, IndIGO, IAP-Russian Acad. of Sciences, Kenyon College, Korean Gravitational-Wave Group, Louisiana State University, Montana State University, Montclair



State University, Moscow State University, National Tsinghua University, Northwestern University, Penn State University, Rochester Institute of Technology, Sonoma State University, Southern Univ. and A&M College, Stanford University, Syracuse University, Szeged University, Texas Tech University, Trinity University, Tsinghua University, Universitat de les Illes Balears, University of Alabama in Huntsville, University of Brussels, University of Chicago, University of Florida, University of Maryland, University of Michigan, University of Minnesota, University of Mississippi, University of Oregon, University of Sannio, Univ. of Texas-Rio Grande Valley, University of Washington, University of Wisconsin-Milwaukee, Washington State University, West Virginia University, Whitman College, LIGO Laboratory: California Institute of Technology, Massachusetts Institute of Technology, LIGO Hanford Observatory, LIGO Livingston Observatory, Australian Consortium for Interferometric Gravitational Astronomy (ACIGA): Australian National University, Charles Sturt University, Monash University, University of Adelaide, University of Melbourne, University of Western Australia, German/British Collaboration for the Detection of Gravitational Waves (GEO600): Cardiff University, Leibniz Universität Hannover, Albert-Einstein Institut, Hannover, King's College London, Rutherford Appleton Laboratory, University of Birmingham, University of Cambridge, University of Glasgow, University of Hamburg, University of Sheffield, University of Southampton, University of Strathclyde, University of the West of Scotland;

Países envolvidos: Alemanha, Austrália, Bélgica, Canadá, China, Coréia do Sul, Espanha, Estados Unidos, Hong Kong, Hungria, Índia, Itália, Japão, México, Polônia, Reino Unido, Rússia, Suíça, Taiwan;

Participantes: Cerca de 1500, dos quais estão os três laureados com o prêmio Nobel de Física de 2018: Rainer Weiss, Kip Thorne e Barry Barish;

Esta colaboração visa a detecção/observação de ondas gravitacionais e a publicação das informações físicas/astrofísicas derivadas destas observações.

Os convênios e parcerias / colaborações informais são as seguintes:

#### COLABORAÇÃO ENTRE INPE E UNIVERSITY OF CENTRAL LANCASHIRE, UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MADRID E INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE CANÁRIAS

Título do projeto: Aprimoramento e uso da biblioteca de espectros estelares empíricos MILES

Nome do docente: André de Castro Milone

Nome da instituição com a qual colabora: University of Central Lancashire (UCLan), Universidad Autonoma de Madrid (UAM) & Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC)

Cidades e países das Instituições: UCLan - Preston, Inglaterra; UAM - Madri, Espanha & IAC - Tenerife, Espanha

Nomes dos colaboradores nas instituição envolvidas: UCLan - Anne Sansom, UAM - Patricia Sanchez-Blazquez & IAC - Alexandre Vazdekis

Este projeto consiste em expandir a biblioteca de espectros estelares empíricos MILES e adotá-la para diversas finalidades tais como calibração multiparamétrica da cor fotométrica (B-V) e construção de modelos semiempíricos de populações estelares simples.

#### COLABORAÇÃO ENTRE O INPE E A UNIVERSITA DEGLI STUDI DI ROMA "LA SAPIENZA"

Título do projeto: radio telescópio Olimpo

Nome do docente: Carlos Alexandre Wuensche

Nome da instituição com a qual há o convênio ou colaboração: University degli Studi di Roma "La Sapienza" (Itália)

Cidade e país da instituição: Roma, Itália

Nome dos colaboradores envolvidos: Silvia Masi, Paolo de Bernardis

Descrição: este projeto consiste na construção de um radio telescópio embarcado em balão estratosférico, com o objetivo de estudar a polarização da Radiação Cósmica de Fundo em Microondas e medir o efeito Sunyaev-Zeldovich em aglomerados de galáxias.

Outras colaborações informais dos membros do corpo docente e discente existem com as seguintes instituições:

- Institute of Astronomy and Space Physics (IAFE), Argentina
- School of Physics and Astronomy, University of Glasgow, Escócia;
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Estados Unidos;

- Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics (CfA), Estados Unidos da América;
- University of California - San Diego, Estados Unidos da América;
- Massachusetts Institute of Technology (MIT), Estados Unidos da América;
- Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (Universidade de Erlangen-Nuremberga), Alemanha;
- The Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF) - Roma, Itália;
- Universidade de Ferrara, Itália;
- Universidade de de Bologna, Itália.

Para finalizar, os docentes do curso de pós-graduação em Astrofísica têm publicado artigos científicos dentro das seguintes colaborações: LIGO, MOA, gLISA, OGLE, GAME, PLATO, COROT, GAIA, PLANCK, DES, MILES, IBSA, WMPOL.

## 2. Geofísica Espacial

Pioneiro no Brasil na área de atuação de relações Sol-Terra e Aeronomia, o Programa de Pós-Graduação Geofísica Espacial (PPG-GES) é oferecido desde 1968. Conta com duas áreas de concentração: Ciência do Ambiente Solar-Terrestre e Ciências Atmosféricas. Apresenta um elevado índice de internacionalização, caracterizado pela participação de docentes em publicações científicas em periódicos internacionais de elevado fator de impacto, pela apresentação de palestras convidadas em eventos internacionais, organização de eventos e de sessões em eventos no exterior, revisão de artigos em periódicos, entre outras. O PPG-GES é membro do Programa de Excelência (PROEX/CAPES) e incentiva a internacionalização do seu corpo docente, através de doutorados-sanduíches em renomadas instituições no exterior, experiência internacional na apresentação de trabalhos em conferências fora do país e o contato com pesquisadores estrangeiros convidados a desenvolver pesquisa conjunta e ministrar palestras na instituição. Essa inserção internacional dos alunos tem feito com que várias das teses mais recentemente defendidas tenham sido escritas e apresentadas em inglês, contando com a presença de membros do exterior na banca (comumente o orientador internacional do estágio-sanduíche). Também, tem permitido o recebimento de discentes estrangeiros para se formar no Programa (cerca de 20% do total atual do corpo docente).

### Convênios / Cooperações Técnicas Formais

1 - Ajuste Complementar de Cooperação entre a Agência Espacial Brasileira (AEB) e a Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço (NASA) – Estados Unidos da América, sobre Heliofísica e Pesquisa sobre Clima Espacial: Cooperação formal assinada entre AEB e NASA em 30 de junho de 2015, com duração de 10 anos, para pesquisas em Heliofísica e Clima Espacial. O INPE é oficialmente indicado como o representante da AEB na execução desta cooperação, tendo dois pesquisadores oficialmente indicados como representantes, ambos membros da Divisão de Geofísica Espacial do INPE e do Programa de Pós-Graduação em Geofísica Espacial.

Fonte: [http://www.aeb.gov.br/wp-content/uploads/2018/01/AcordoEUA2015\\_a.pdf](http://www.aeb.gov.br/wp-content/uploads/2018/01/AcordoEUA2015_a.pdf)

2 - Acordo entre INPE e Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia – Universidade Nacional de Tucuman (Argentina) para pesquisa e cooperação na área de Clima Espacial, assinado em 19 de março de 2015, vigente até 2020. Acordo prevê diversas cooperações em temas de clima espacial, com ênfase na operação e intercâmbio de dados referentes ao Campo Geomagnético. Tem como participantes oficiais pesquisadores da Divisão de Aeronomia do INPE e docente do Programa de Pós-Graduação em Geofísica Espacial.

3 - Acordo de cooperação entre INPE e Universidade de La Plata (Argentina) para pesquisas em Clima Espacial. Assinado em 8 de agosto de 2017, prevê intercâmbios de pesquisa em Clima espacial, com ênfase em pesquisas sobre o campo geomagnético. Tem participação de docentes do Programa de Pós-Graduação em Geofísica Espacial.

4 - Programa de Cooperação entre INPE e Centro de Ciência Espacial Nacional – NSSC (China) para implementação de um Laboratório Conjunto China-Brasil para Clima Espacial no

INPE. Assinado em 6 de agosto de 2014, permitiu a instalação do Laboratório Conjunto China-Brasil para Clima Espacial nas dependências do INPE, junto ao Programa EMBRACE de Clima Espacial. Conta com a participação da equipe de pesquisadores do EMBRACE, que são membros do Programa de Pós-Graduação em Geofísica Espacial.

5 - Carta de Intenções entre INPE e Instituto de Pesquisa Científica do Boston College (Estados Unidos da América) para cooperação acadêmica em Aeronomia. Assinado em 20 de setembro de 2014, tem como representante por parte do INPE um pesquisador da Divisão de Aeronomia, membro do Programa de Pós-Graduação em Geofísica Espacial.

6 - Memorando de Entendimento para cooperação no Programa COSMIC-2, entre INPE e Administração Nacional Oceânica e Atmosférica – NOAA (Estados Unidos da América). Assinado em 30 de junho de 2015, possui diversas coordenações do INPE envolvidas. Em particular, o Programa EMBRACE de Clima Espacial participa do provimento de estação terrena de banda S compatível com o COSMIC-2 para estudos ionosféricos. A este Memorando de Entendimento seguiu-se diversos outros relacionados ao mesmo projeto COSMIC, incluindo Acordos de Licença de Softwares e Acordos de Assistência Técnica.

7 - Memorando de Entendimento entre INPE e Organização Indiana de Pesquisa Espacial – ISRO (Índia) para exploração e utilização do espaço exterior - Estudo do sistema ionosfera-termosfera equatorial através de medidas por radares e digissondas operacionais no Brasil e Índia. Assinado em 1 de março de 2002, conta com a participação de pesquisadores da Divisão de Aeronomia do INPE, membros do Programa de Pós-Graduação em Geofísica Espacial.

#### Algumas Colaborações e Parcerias Informais

1 – Colaboração entre INPE e Universidade de Shinshu (Japão) para operação de um Detector Multidirecional de Muons, instalado no Observatório Espacial do Sul (OES/CRS/INPE), realização de pesquisas científicas, intercâmbios de estudantes de pós-graduação e participação na Rede Global de Detectores de Muons (GMDN). Iniciada em 2001, com a instalação de um instrumento protótipo no OES/CRS/INPE (São Martinho da Serra, RS), esta colaboração já resultou em dezenas de publicações conjuntas entre equipes de pesquisadores da Divisão de Geofísica Espacial do INPE e pesquisadores da Universidade de Shinshu (Japão). Houve 3 estágios-sanduíche de doutorado realizados e diversas visitas de equipes japonesas ao INPE, com participação em atividades do Programa de Pós-Graduação em Geofísica Espacial.

2 – Colaboração entre INPE e Universidade de Sheffield (UK) para aprimoramento do modelo SUPIM (“Modelo para Plasmasfera e Ionosfera da Universidade de Sheffield”) e seu uso no INPE para pesquisa e pelo Programa EMBRACE de Clima Espacial. O denominado modelo SUPIM-INPE iniciou seu desenvolvimento em 1997 e teve diversos marcos de progresso, estando hoje a disposição da comunidade do INPE. Conta com a participação de pesquisadores da Divisão de Aeronomia do INPE, membros do Programa de Pós-Graduação em Geofísica Espacial.

3 – Colaborações entre INPE e Instituto Max-Planck para Pesquisa do Sistema Solar para pesquisas e intercâmbio de pesquisadores e estudantes em temas relacionados à Física Solar, incluso o desenvolvimento do Telescópio Solar do INPE, e temas de física planetária, com ênfase em magnetosferas planetárias. Iniciado em 2000, esta colaboração informal permitiu a formação de diversos dos atuais pesquisadores da Divisão de Geofísica Espacial do INPE, com publicações conjuntas de resultados científicos permanentes, visitas e trocas de experiências em temas de pesquisa e instrumentação.

Destaca-se, em termos de internacionalização, o fato de um pesquisador ligado ao Programa de Pós-Graduação em Geofísica Espacial ter coordenado um projeto no âmbito do Programa Ciência Sem Fronteiras – Pesquisador Visitante Especial, com a vinda da Dra. Rosaly Lopes, do JPL/NASA ao INPE entre 2012 e 2016. Dra. Lopes coorientou uma estudante de doutorado e tem colaborado com pesquisadores e bolsistas do INPE desde então.

Além dos citados acima, o Programa de Pós-Graduação em Geofísica Espacial se beneficia de diversas outras parcerias informais internacionais, através das colaborações individuais dos docentes do programa. Diversos alunos de doutorado realizam estágios sanduíche em instituições estrangeiras. Por ser um programa PROEX, incentiva fortemente a participação dos alunos em eventos internacionais e a publicação de seus trabalhos de pesquisa em revistas de circulação internacional.

### 3. Engenharia e Tecnologia Espaciais

O Programa de Pós-graduação em Engenharia e Tecnologia Espaciais (PPG-ETE) foi criado formalmente em 1994 e hoje possui um escopo amplo no que concerne ao desenvolvimento completo de uma missão espacial, sendo único no Brasil. O curso visa a formação científica em disciplinas críticas na área espacial, como propulsão, mecânica e controle, térmica, materiais e sensores, dependabilidade em computação de bordo, tecnologias em câmeras de imageamento, entre outras e em questões de operações de satélites, gerenciamento e padrões adotados no setor espacial. Possui quatro Áreas de Concentração: Mecânica Espacial e Controle, Combustão e Propulsão, Ciência e Tecnologia de Materiais e Sensores e Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais, todas dedicadas à pesquisa e ao desenvolvimento de tecnologias integradas entre si, tem como principal objetivo o aperfeiçoamento de pessoal nos níveis de Mestrado e de Doutorado nas áreas de Dinâmica Orbital, Guiamento e Controle, Estrutura e Controle Térmico, Ciência e Tecnologia de Materiais e Sensores, Combustão e Propulsão de Veículos Espaciais e Plataformas Sub-orbitais, Engenharia de Satélites e Subsistemas e Gerenciamento de Sistemas Espaciais. Este Programa também constitui uma importante fonte de recursos humanos para aproveitamento no próprio INPE.

A Área de Concentração em Mecânica Espacial e Controle (CMC) abrange estudos, principalmente sobre as seguintes temas: (1) Desenvolvimento de procedimentos de determinação, propagação e simulação de órbitas, trajetórias e atitude; estudos dos esforços atuantes em satélites e plataformas sub-orbitais; e a análise de missões espaciais, da estabilidade e da dinâmica de veículos espaciais; (2) Os sensores e atuadores necessários para o controle de órbita e atitude são estudados e modelados de forma a serem considerados nas simulações realizadas durante a fase de análise de missão de um veículo espacial; (3) Desenvolvimento de simulações dinâmicas de veículos espaciais; estimação e controle de órbita e atitude de satélites; procedimentos de controle a bordo com uso de microprocessadores; e estabilidade de satélites; (4) Desenvolvimento de modelos e análises estruturais e térmicas de satélites; materiais e técnicas correspondentes; simulações e testes ambientais encontradas desde o lançamento até a operação de satélites.

A Área de Concentração em Combustão e Propulsão, abrange estudos principalmente sobre os seguintes temas: (1) Desenvolvimento de modelos e análise de: (i) combustão supersônica e combustão industrial, abrangendo projetos de incineradores e queimadores; (ii) combustão pulsante, queimadas e meio ambiente; simulação numérica para problemas de chama difusa, ignição e extinção da combustão; (iii) diagnósticos, visualização científica e computação gráfica; (2) Desenvolvimento catalítico para micro-propulsores, visando o controle de atitude e de órbita de satélites; produção de hidrazina e seus derivados para a obtenção de mono e bipropelentes líquidos; o estudo, análise e obtenção de propelentes líquidos, sólidos e híbridos.

A Área de Concentração de Ciência e Tecnologia de Materiais e Sensores é sediada no Laboratório Associado de Sensores e Materiais (LAS) da Coordenação dos Laboratórios Associados (CTE) do INPE e destina-se a (1) Pesquisa e o desenvolvimento em modelagem e desenvolvimento de novos materiais e processos, modificação de superfícies, caracterização e testes de materiais e dispositivos nas condições ambientais de aplicação, bem como sensores e sistemas sensores ambientais de uso espacial e terrestre; (2) Estudo de propriedades mecânicas de materiais por meio de simulações computacionais a partir de uma descrição atômica do sólido. Estrutura e dinâmica de discordâncias, estrutura de interfaces e fratura constituem-se nos principais temas de estudo; (3) Estudos de uma variedade de modelos com aplicações em Física de Superfície, Semicondutores e Supercondutores, utilizando-se técnicas

de simulação por Monte Carlo e Dinâmica Molecular; (4) Modelagem e estudo das propriedades eletrônicas (ópticas e de transporte) de diferentes materiais e nanoestruturas semicondutoras, usando várias técnicas das físicas teórica e do estado sólido. Dentre os vários tópicos abordados, destacam-se a estrutura eletrônica de nanoestruturas, o transporte eletrônico em sistemas mesoscópicos, a dinâmica e a ótica não lineares dos excitons, os efeitos de desordem e aqueles dependentes do spin. Novos efeitos e dispositivos na área da spintrônica também são estudados; (5) Desenvolvimento de modelos teóricos microscópicos e fenomenológicos para materiais supercondutores convencionais e de alta temperatura. Estudo de efeitos Josephson e fenômenos críticos em redes supercondutoras utilizando-se métodos numéricos e analíticos; (6) Pesquisa, processamento de materiais e desenvolvimento de facilidades para operação em ambiente de microgravidade. O ambiente espacial é único devido ao vácuo, radiação de alta energia proveniente do Sol e de outras fontes cósmicas, e da aparente ausência de efeitos gravitacionais. Este último fator, chamado de microgravidade, permite observar e explorar fenômenos e processos em experimentos científicos e tecnológicos que seriam afetados sob a influência da gravidade terrestre. A condução de experimentos num ambiente de microgravidade possibilita o melhor entendimento, e o posterior aperfeiçoamento na Terra, de processos físicos, químicos e biológicos. Os meios de acesso à ambiente de microgravidade envolvem torres verticais de queda livre, vôos parabólicos em aviões, queda livre a partir de balões, plataformas em vôos sub-orbitais, plataformas orbitais recuperáveis, ônibus espaciais e estações orbitais; (7) Pesquisa, desenvolvimento e inovação em novos materiais catalizadores para uso em captura de CO<sub>2</sub> e em propulsores para o controle de atitude e de altitude de satélites e plataformas orbitais em construção na ETE; (8) Pesquisa, desenvolvimento e inovação em propriedades de compósitos poliméricos modificados por nanofibras de carbono e de filtro à base de nanofibras de carbono para sequestro de enxofre em efluentes gasosos ricos em H<sub>2</sub>S; (8) Pesquisa, desenvolvimento e inovação em sensores cerâmicos micro e nanoestruturados para atuar como elementos sensores para o monitoramento de umidade de solos e do ar para utilização nas Estações de Coleta de Dados do INPE espalhadas pelo território brasileiro e América Latina. Os sensores de umidade de solos também serão utilizados para o monitoramento de encostas com riscos de deslizamentos e para irrigação na agricultura com coleta de dados via satélites. O grande objetivo desta linha de pesquisas é o desenvolvimento de sensores com tecnologia e matérias primas brasileiras e com características que atendam as necessidades ambientais e terrestres das várias regiões do país. Na linha de recuperação ambiental estão sendo pesquisados e desenvolvidos nanopós de ferro para recuperação de solos e de água, e de cerâmicas micro e nanoestruturadas e nano e microporosas para a utilização na mitigação do efeito estufa pela captura de CO<sub>2</sub>. Todos estes projetos deverão gerar produtos que serão repassados ao setor produtivo; (9) Pesquisa, desenvolvimento e otimização em miniaturização de micro-electromecânica e componentes de micro-optomecânica para aplicação aeroespacial; (10) Pesquisa e desenvolvimento na obtenção e aderência de filmes metálicos e cerâmicos em vários tipos de substratos metálicos e cerâmicos, estudos de mecanismos de formação de interfaces filmes-substratos interfaces, projeto de interfaces, bem como o desenvolvimento de técnicas de caracterização de filmes e interfaces e técnicas de medições de aderência; (11) Fabricação e caracterização de silício poroso para aplicação como elemento emissor de luz em circuitos integrados, células solares, detectores de radiação e sensores químicos (gases, vapores e líquidos); (12) Estudo das propriedades fundamentais e das aplicações tecnológicas dos materiais semicondutores da família IV-VI, na forma de ligas semicondutoras ternárias e quaternárias, cuja largura de banda de energia proibida é modulável através da composição metalúrgica da liga. Esta característica torna o material uma excelente fonte de pesquisa básica em efeitos quânticos no transporte eletrônico de cargas, bem como um semicondutor adequado e estratégico para a fabricação de dispositivos optoeletrônicos, operáveis no infravermelho médio e distante (3-14 micra). Os crescimentos das amostras são realizados com as seguintes técnicas: epitaxia por feixe molecular MBE, que permite o crescimento epitaxial de nano-estruturas mais complexas tais como super redes e poços quânticos múltiplos; Bridgman e Transporte de Fase Vapor para fabricação monocristais volumétricos; (13) Pesquisa e desenvolvimento em crescimento de filmes diamante CVD e materiais relacionados, para aplicações espaciais e industriais em geral, com ênfase em desenvolvimento tecnológico para diferentes aplicações de curto e médio prazos. Estudos fundamentais do processo de crescimento de filmes finos e autosustentados de diamante e

filmes finos de DLC (Diamond Like Carbon). Estudo de interfaces e aderência destes filmes. Estudo de dopagem para obtenção de diamante semicondutor para aplicações espaciais e ambientais; (14) Pesquisa e desenvolvimento em síntese, processos de fabricação (monolitos e filmes) e caracterização de cerâmicas porosas e nanoestruturadas para aplicações como sensores de gases, umidade ambiente, umidade do solo e de cheiro, visando aplicações em monitoramento na agricultura brasileira, processos industriais, indústria automobilística e poluição ambiental. Pesquisa e desenvolvimento de ressoadores dielétricos de microondas e de cerâmicas estruturais com alta tenacidade à fratura, à base de zircônia, para aplicações espaciais.

A Área de Concentração de Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais busca o estudo, modelagem, desenvolvimento e testes em Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais e seus processos, incluindo tópicos correlatos a todo o ciclo de vida de projetos espaciais, quais sejam: (1) Propor, conceber, analisar a viabilidade e especificar sistemas espaciais de forma a assegurar o cumprimento de seus objetivos de missões; (2) Aperfeiçoar e padronizar métodos e procedimentos próprios à engenharia de sistemas, estabelecendo metodologias para otimização das atividades de gerenciamento e execução de projetos de sistemas espaciais; (3) Aplicar a Engenharia de Requisitos e de Especificações no nível de sistema e de subsistema dos segmentos espacial e solo dos cursos em curso; (4) Elaborar estudos de análise de missão, de controle de órbita e atitude, de arquiteturas mecânica, térmica, elétrica e de telecomunicações e de verificação de sistemas espaciais, e concepção e definição de sistemas de solo, desde a fase de concepção até a operação em órbita, (5) Gerenciamento de projetos espaciais; (6) Pesquisa e desenvolvimento de tecnologia em eletrônica e em engenharia de software aplicados à área aeroespacial, abrangendo as áreas de Eletro-óptica, Supervisão de Bordo, Suprimento de Energia e Telecomunicações. Fornece subsídios para o gerenciamento e/ou o desenvolvimento de subsistemas e de equipamentos de qualificação espacial, assim como para a realização de projetos de desenvolvimento em tecnologia de ponta de interesse das atividades espaciais brasileiras; (7) Desenvolvimento de plataformas espaciais e de suas cargas úteis, de manutenção e de modernização de infraestrutura e das vias de implementação de uma política industrial para o setor aeroespacial brasileiro; (8) Desenvolvimento de sistemas próprios do segmento solo de satélites, levantamento de recursos necessários para as missões, especificação de Interfaces do Segmento Solo, especificação dos Sistemas do Segmento Solo e de sua Rede de Comunicação de Dados, Capacitação em Projeto, Gestão e Administração de Redes de Dados para centros de controle e de missão e para estações terrestres; (9) Software Rastreo e Controle de Satélites, projeto, desenvolvimento, testes, validação e integração, Confiabilidade e Qualidade de Software em Sistemas Espaciais, Simuladores de Satélites e (10) Eletrônica de Sistemas de Solo; (11) Organizar, coordenar, controlar e avaliar as atividades de gerenciamento da configuração, confiabilidade, segurança, garantia da qualidade (hardware e software) e de partes (elétricas, eletrônicas, eletro-mecânicas e mecânicas), materiais e processos aplicados aos projetos e cursos espaciais de engenharia do INPE; (12) Elaborar requisitos e planos de garantia do produto, de controle de documentação técnica e de configuração; (13) Gerenciar a documentação técnica e da configuração no âmbito dos projetos e cursos espaciais; (14) Normalizar as técnicas e os procedimentos para preparação e controle de processos, de documentos técnicos e de testes; (15) Qualificar novos processos, partes mecânicas, eletro-mecânicas e eletro-eletrônicas e materiais para projetos e cursos espaciais; (16) Auditar as atividades de garantia do produto; (17) Tópicos em simulações computacionais visando análise de trade-offs, de cenários, estudos de proposta e viabilidade de soluções de sistemas espaciais, projeto de sistemas e de subsistemas para Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais.

O PPG-ETE sempre buscou o reconhecimento internacional com o objetivo de atingir o padrão de excelência das instituições internacionais, atuando no estado da arte da Engenharia Espacial. Para isso mantém atividades conjuntas com várias instituições estrangeiras no que diz respeito ao desenvolvimento dos trabalhos de pesquisa e de desenvolvimento tecnológico. Isso se confirma pelo grande número de cooperações com instituições estrangeiras:

## Convênios / Cooperações Técnicas Formais

### 1 - BROWN UNIVERSITY (EUA) - Convênio CNPq-NSF

Coordenadores: J.M. Kosterlitz, Ram Kishore e Enzo Granato

Projeto em supercondutividade e física de superfícies de materiais. Existe a previsão de receber e enviar alunos de doutorado e docentes para estágio de até 2 anos.

### 2 - HELSINKI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY (FINLÂNDIA) - Convênio CNPq-NSF

Participantes: S.C. Ying, T. Ala-Nissila, Enzo Granato Ram Kishore, e Leonel F. Perondi

Projeto em supercondutividade e física de superfícies de materiais. Existe a previsão de receber e enviar alunos de doutorado e docentes para estágio de até 2 anos.

### 3 - CENTRO ATOMICO BARILOCHE (ARGENTINA)

Participantes: D. Dominguez, Enzo Granato Ram Kishore, e Leonel Fernando Perondi

Projeto em supercondutividade. Existe a previsão de receber e enviar alunos de doutorado e docentes para estágio de até 2 anos.

### 4 - UNIVERSITY OF WISCONSIN-MADISON (EUA)

Participantes: John Robert Conrad e Maria do Carmo de Andrade Nono

Ciência e Engenharia de Superfícies e Interfaces de Sólidos. Existe a previsão de receber e enviar alunos de doutorado e docentes para estágio de até 2 anos.

### 5 - UNIVERSIDADE DE TECNOLOGIA DE HELSINQUE (FINLÂNDIA) / LABORATÓRIO DE ENGENHARIA COMPUTACIONAL

Participantes: Kimmo Kaski, Péter Szelestey, Antti Kuronen e Leonel F. Perondi

Modelamento e simulação em plasticidade, fratura, hetero-interfaces. Existe a previsão de receber e enviar alunos de doutorado e docentes para estágio de até 2 anos.

### 6 - UNIVERSIDADE DE AVEIROS (PORTUGAL)

Coordenador: Vladimir Jesus Trava-Airodi

Cooperação Tecno-Científica com o Departamento da Cerâmica e do Vidro da Universidade de Aveiro, Portugal, com projeto financiado pelo CNPq: "Deposição de diamante CVD sobre compósitos cerâmicos nitreto/carboneto de silício. Existe a previsão de receber e enviar alunos de doutorado e docentes para estágio de até 2 anos

### 7 - LINZ UNIVERSITY (ÁUSTRIA)

Participantes: Günther Bauer, Leonel F. Perondi e Eduardo Abramof

Compostos semi-condutores dos rupos IV a VI com európio. Existe a previsão de receber e enviar alunos de doutorado e docentes para estágio de até 2 anos.

### 8 - SCUOLA NORMALE SUPERIORE (PISA, ITÁLIA)

Participantes: G. F. Bassani, G. C. La Rocca e Erasmo A. Andrada e Silva

Propriedades eletrônicas das Nanoestruturas Semicondutoras FAPESP / SNS. Existe a previsão de receber e enviar alunos de doutorado e docentes para estágio de até 2 anos.

### 9 - INSTITUTE OF MATHEMATICAL SCIENCES (MADRAS, ÍNDIA)

Participantes: A. K. Mishra Madras e Ram Kishore

Supercondutores de alta temperatura. Existe a previsão de receber e enviar alunos de doutorado e docentes para estágio de até 2 anos.

### 10 - MOSCOW STATE ENGINEERING / PHYSICS INSTITUTE (RUSSIA)

Participantes: Leonid Openov e Ram Kishore

Supercondutores de alta temperatura. Existe a previsão de receber e enviar alunos de doutorado e docentes para estágio de até 2 anos.

### 11 - UNIVERSIDADE DE COIMBRA (PORTUGAL)

Henrique Madeira, Marco Vieira, Denise N. R. Azevedo

A cooperação tem acontecido graças ao envolvimento dos parceiros nos projetos REVVIS (órgão financiador - CYTED) e AMBER (FP7 - projetos europeus). Muitos produtos de software na área espacial podem ser adquiridos de terceiros (empresas), para que se possam comparar diferentes soluções faz-se necessário a definição de um benchmark e de métricas bem estabelecidas. As pesquisas aqui estão focadas na definição de benchmark para avaliar o produto de software espacial ao longo do seu ciclo de vida. Além disto, um estudo de anomalias de satélite através de análise de telemetrias históricas usando técnicas de data warehouse e data mining está se iniciando junto com a proposta de definição de uma estrutura para comparação de classes de falhas/anomalias comuns em sistemas de software espaciais baseado no conhecimento de dados históricos de missões passadas. Pretende-se realizar o intercâmbio de alunos de doutorado (PDSE).

#### 12 - UNIVERSIDA POLITÉCNICA DE MILÃO (ITÁLIA)

Departamento de Eletronica e Informação - Politecnico de Milão

DEEP-SE (Dependable Evolvable Pervasive Software Engineering Group)

Título do projeto: Qualidade de Serviços em Arquiteturas Orientadas a Serviços de aplicações escaláveis e evolutivas

Nome do docente: Nilson Sant'Anna

Nomes dos colaboradores da instituição envolvidos: Carlo Ghezzi e Luciano Baresi

A Engenharia de Software vem evoluído fortemente nos últimos anos com relação aos aspectos relacionados à arquitetura dos produtos de software e de aplicações robustas.

#### 13 - TSHINGHUA UNIVERSITY (CHINA)

Participantes: Geilson Loureiro (docente e coordenador), Adalberto Coelho (servidor INPE), Carlos Lino (servidor INPE), Benjamim Koo (Tshinghua University, China) e discentes, bolsistas PCI/CNPq e bolsistas PIBIC/CNPq

Arquitetura integrada de sistemas espaciais, este convênio visa a pesquisa e o desenvolvimento em engenharia simultânea dos elementos produto, processo e organização de sistemas espaciais complexos a fim de obter ganhos em custo, risco, prazo e desempenho em projetos de missões espaciais desde a etapa de elaboração da arquitetura da missão e dos sistemas espaciais.

#### 14 - UNICAMP E TELECOM SUD-PARIS (FRANÇA) - Convênio CAPES-COFECUBE

Título do projeto: RobustWeb - Construção e validação de aplicações SOA baseadas em Serviços Web.

UNICAMP, Instituto de Computação (Brasil) e Telecom Sud-Paris (França)

Nomes dos colaboradores da instituição envolvidos: Eliane Martins (coordenadora - Brasil), Regina Lucia de O. Moraes, Cecilia M.F. Rubira (Unicamp); Taisy Silva Weber (UFRGS), Magnos Martinello (UFES); Fernando Castor Filho (UPE); Ana Cavalli (coordenadora - França), Fatiha Zaïdi, Marie-Claude Gaudel (LRI - Université Paris Sud); Helene Waeselynck, Jean Arlat Yves Crouzet, Jean-Charles Fabre (LAAS).

Nome dos colaboradores do INPE envolvidos: Ana Maria Ambrosio, Fátima Mattiello-Francisco, Fabiano L. Sousa

O desenvolvimento de aplicações distribuídas e de grande escala tem sido baseado no novo conceito de computação orientada a serviços (ou SOC, de Service Oriented Computing). Estes serviços permitem a interoperabilidade de aplicações através da Web graças a uma série de padrões que foram criados com base no XML (eXtensible Mark-up Language). Uma arquitetura baseada em serviços, SOA (Service Oriented Architectures) tem sido base para, entre outros, definição de serviços padronizados para Operações de Missões Espaciais. Esta padronização, elaborada na forma de recomendações do Consultative Committee for Space Data System (CCSDS) visa prover maior interoperabilidade entre sistemas computacionais de agências espaciais cooperantes, bem como o re-uso de sistemas espaciais.

#### Colaborações e Parcerias Informais

##### 1 - MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY (EUA)

Título do projeto: Arquitetura de sistemas espaciais e aeronáuticos



Nome do docente: Geilson Loureiro; Nome da instituição com a qual convênio ou colaboração: Massachusetts Institute of Technology; Cidade e país da Instituição: Cambridge, MA, Estados Unidos; Nomes dos colaboradores da instituição envolvidos: Edward Crawley, John Hansmann  
Este projeto consiste na participação de alunos de graduação do ITA em estágios no MIT com os professores acima. O objetivo é desenvolver neles habilidades em desenvolvimento tecnológico avançado nas áreas espaciais e aeronáutica.

## 2 - DEUTSCHE ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT (DLR)

Coordenação/Pesquisadores envolvidos: Fritz Jochim (DLR), E. Gill (DLR), O. Montenbruck (DLR), Helio K. Kuga (INPE), Márcio Furlan (INPE), Roberto V. F. Lopes (INPE).

Objetivo Principal: Simulação de dados GPS para o segmento espacial; determinação de órbita em tempo real, desenvolvimento de software de manutenção de órbita, desenvolvimento de software de análise de órbita: Veni e Vici.

Resultados Alcançados: SW para determinação de órbita em tempo real usando GPS; definição da arquitetura e da interface visual dos SWs de análise demissão VENI e VICI

## 3 - INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS DE MOSCOU (RUSSIA)

Prof. Alexander Sukhanov

Esse pesquisador vem atuando em pesquisa e atividades acadêmicas desde 1999, auxiliando as atividades de pesquisa relacionadas ao curso de Engenharia e Tecnologia Espaciais do INPE. Vários artigos foram publicados em parceria com alunos de mestrado e doutorado do Programa.

### Colaborações / Parcerias Específicas

National Aeronautics and Spaces Administration - NASA

European Space Agency - ESA

Deutsche Forshugsanstalt für Luft-und Raumfart (Alemanha) - DLR

Jet Propulsion Laboratory - JPL

Moscow Aviation Institue - MAI

Institute of Space Activities (Japão) - ISAS

Comission Nacional de Atividades Espaciales (Argentina) - CONAE

Instituto Nacionale de Universidad Autónoma de Puebla (México) - UAP

Indian Space Research Organization - ISRO

Technical Research Centre of Finland - TRCF

Brigham Young Univesity (Utah, Estados Unidos) BYU

Instituto Superior Técnico de Lisboa - ISTL

Centre National de Étude Spacial (França) - CNES

Instituto de Pesquisas Espaciais da Rússia - IKI

Incentiva-se também a vinda de pesquisadores estrangeiros renomados para trabalhar no INPE em tópicos relacionados com os projetos de pesquisa em andamento no Programa. Além disso, no PPG-ETE, ingressam número significativo de alunos estrangeiros e espera-se um aumento substancial do número de discentes do exterior envolvidos nas atividades acadêmicas. Cabe citar que, além de universidades, mantem-se cooperações com Agências Espaciais como a Agência Espacial Européia (ESA- European Space Agency) e Agência Espacial Alemã (DLR -Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt) as quais recebem alunos para estágios e com possibilidades de troca de informações e desenvolvimentos conjuntos.

## 4. Computação Aplicada

O curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada (PPG-CAP), criado em 1968, foi o segundo programa do Brasil na área da Ciência Computação, integrando diferentes disciplinas necessárias no escopo das ciências, tecnologias e aplicações espaciais. O curso de Doutorado teve início em 1974. Desde sua criação, o PPG-CAP tem foco na interdisciplinaridade, onde os princípios da Matemática Aplicada integram-se de forma colaborativa aos diferentes paradigmas da Ciência e da Engenharia da Computação para abordar, simular, emular, modelar e analisar problemas em diversas áreas do conhecimento,

em especial nas áreas de Ciências e Tecnologias Espaciais, produzindo novos conhecimentos de natureza inter- e multidisciplinar. Em sua área de atuação, o PPG-CAP visa suprir as necessidades nacionais em relação a formar profissionais com o perfil adequado para atender às demandas científicas e tecnológicas do Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE), contribuindo para manter e solidificar a posição do INPE como sendo um dos principais centros de excelência em Ciências e Tecnologias Espaciais do cenário internacional.

A pesquisa e o desenvolvimento em Ciências, Tecnologias e Aplicações Espaciais em suas respectivas sub-áreas: Engenharia Espacial, Sensoriamento Remoto, Meteorologia, Oceanografia, Geoprocessamento, Astrofísica, Geofísica, Sensores e Materiais, Plasma Espacial, Propulsão, Geração de Energia, Controle e Operação de Sistemas Espaciais e Ciência do Sistema Terrestre envolvem a interação sinérgica de praticamente todas as áreas fundamentais do conhecimento científico e tecnológico. O elo comum de interdisciplinaridade está na concepção de modelos que permitam captar e interpretar fenômenos novos observados e possibilitem desenvolver sistemas e subsistemas confiáveis, aptos a desempenhar adequadamente suas missões críticas e sensíveis no âmbito de operações espaciais, tanto para o estudo do espaço como para a observação da Terra. Dessa forma, o sucesso no desenvolvimento da Ciência e das Tecnologias Espaciais está ligado à sólida formação inter- e multidisciplinar proposta pelo PPG-CAP com linhas de pesquisa em (1) Modelagem Computacional (MC), que combina conhecimentos da área espacial, da matemática e da computação na elaboração de modelos matemáticos e/ou modelos computacionais que possibilitem a compreensão, simulação e modelagem de fenômenos naturais e de sistemas complexos relacionados a atividades ou sistemas espaciais; (2) Extração, Processamento, Gestão e Análise de Informações (EI), que combina conhecimentos da área espacial, da matemática aplicada, da estatística e da ciência da computação para adequada coleta, organização, comunicação segura, manipulação, e disponibilização de dados coletados e/ou simulados nos domínios do tempo, do espaço e da frequência; e também para caracterização de dados e extração de informações para melhor compreender fenômenos e processos e conceber modelos para aprimorar os conhecimentos avançados e específicos e/ou as estratégias e logísticas para a tomada de decisões.

Deve ser considerado que muitos dos projetos desenvolvidos pelo INPE envolvem colaborações internacionais. Eles estão diretamente relacionados à geração de conhecimento empreendida no contexto do PPG-CAP. Algumas destas colaborações são listadas a seguir:

#### Convênios / Cooperações Técnicas Formais

1 - Aerosol and clouds lifecycles in Amazonia: biogenic emissions, biomass burning and impacts on ecosystem

**Participantes:** Alan James Peixoto Calheiros, Paulo Eduardo Artaxo Netto (total de 24 participantes do Brasil e de outros países)

**Tipo:** projeto temático FAPESP envolvendo instituições internacionais

2 - Previsão Imediata de Tempestades Intensas e Entendimento dos Processos Físicos no Interior das Nuvens. O SOS- CHUVA (Sistema de Observação e Previsão de Tempo Severo)

**Participantes:** Alan James Peixoto Calheiros, Luiz A. T. Machado (total de 23 participantes do Brasil e de outros países)

**Tipo:** projeto temático FAPESP envolvendo instituições internacionais

3 - Fenômenos Dinâmicos em Redes Complexas: Fundamentos e Aplicações

**Participantes:** Elbert Einstein Nehrer Macau (INPE), Leonardo Santos (INPE) (mais de 40 participantes do Brasil e de outros países)

**Tipo:** Projeto de Pesquisa Temático da FAPESP em cooperação com Deutsche Forschungsgemeinschaft.

**Instituições internacionais:** Humboldt University (Berlim); University of York (Inglaterra)

4 - REDD-PAC: REDD+ Policy Assessment Center

**Participantes:** Gilberto Camara Neto, outros pesquisadores do Brasil

**Tipo:** Projeto com Auxílio Financeiro da Germany International Climate Initiative  
**Instituições internacionais:** United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre, Central African Forests Commission, International Institute for Applied Systems Analysis.

5 - Advanced criteria for dynamic mesh adaption in computational space weather forecasting

**Participantes:** Margarete Oliveira Domingues (mais 4 pesquisadores do Brasil)

**Tipo:** projeto de pesquisa financiado pela University of Southampton e FAPESP.

**Instituições internacionais:** University of Southampton

6 - Integration of Multi-sensor and Multi-scale Remote Sensing Data for Examining Land Use/Cover Disturbance at a Regional Scale in the Brazilian Amazon

**Participantes:** Luciano Vieira Dutra, Sidnei João Siqueira Sant'Anna (mais sete participantes do Brasil e do exterior)

**Tipo:** Projeto CNPq

**Instituições internacionais:** Michigan State University

7 - A geographical database of land use and land cover classes for Bolivia and Peru, from 2000 to 2016.

**Participantes:** Lúbia Vinhas (INPE), Gilberto Camara (INPE), Ricardo Cartaxo (INPE), Inge Jonckheere (FAO), Marcelo Rezende (FAO)

**Tipo:** Acordo de cooperação

**Instituições internacionais:** Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)

8 - Improving the TerraAmazon software platform in the context of National Forest Monitoring Systems for a transparent and truthful REDD+.

**Participantes:** Lúbia Vinhas (INPE), Gilberto Ribeiro de Queiroz, Alessandra Gomes (INPE), Thelma Krug (INPE), Inge Jonckheere (FAO), Danilo Mollicone (FAO)

**Tipo:** Acordo de cooperação

**Instituições internacionais:** Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)

9 - Detecção de alvos urbanos e corpos d'água em imagens de satélite

**Participantes:** Thales Sehn Körting, Laercio Namikawa, Leila Fonseca, Emiliano Castejon / Thomas Kemper, Martino Pesaresi

**Tipo:** Projeto Diálogos Setoriais

**Instituições internacionais:** JRC (Joint Research Centre), Itália

10 - Verificação Formal de Sistemas Probabilísticos: uma aplicação ao projeto protoMIRAX

**Participantes:** Valdivino Alexandre de Santiago Júnior, João Braga, Ezzat Selim Chalhoub (Brasil), Sofiène Tahar (Canadá)

**Tipo:** Projeto - Bolsa PCI-BSP do CNPq

**Instituições internacionais:** Concordia University, Canadá

11 - Climate Change Initiative for Adaptation. Resilience and Mitigation

**Participantes:** Haroldo Fraga De Campos Velho (INPE), Leonardo Santos (INPE), Dr. Tristan Pryer (UK)

**Tipo:** Projeto FAPESP

**Instituições internacionais:** University of Reading

12 - Pauliceia 2.0: A Spatiotemporal Platform for Digital Humanities

**Participantes:** Karine Reis Ferreira (INPE), Nandamudi Vijaykumar (INPE), Gilberto Ribeiro de Queiroz (INPE) e outros participantes de instituições nacionais (UNIFESP, Arquivo do Estado de São Paulo, etc) e internacionais.

**Tipo:** Projeto FAPESP

**Instituições internacionais:** Emory University, Atlanta, US.

## Colaborações e Parcerias Informais

### 1 - Processamento em Alto Desempenho

**Participantes:** Celso Luiz Mendes, pesquisadores do National Center for Supercomputing Applications.

**Instituições internacionais:** University of Illinois Urbana, EUA

### 2 - Ambientes para Data Science

**Participantes:** Rafael Santos, pesquisadores e desenvolvedores da Johns Hopkins University, EUA

**Instituições internacionais:** Johns Hopkins University, EUA

### 3 – Parceria com a University of York

**Participantes:** Richard Wilson (University of York), Edwin Hancock, Marcos G. Quiles (INPE)

**Tipo:** Projeto BPE Fapesp (Visita Técnica)

**Instituições internacionais:** University of York, York-UK

### 4 - Classificação de imagens utilizando mapas autoorganizáveis

**Participantes:** Thales Sehn Körting, Carlos Felgueiras, Fernando Lucas Bação, Victor Lobo

**Tipo:** Colaboração informal com trabalhos publicados juntos

**Instituições internacionais:** UNL (Universidade Nova de Lisboa)

### 5 - Segmentação contextual de imagens

**Participantes:** Thales Sehn Körting, Leila Fonseca e Edzer Pebesma

**Tipo:** Colaboração informal

**Instituições internacionais:** IFGI, Munster University, Germany

### 6 – Colaboração com MaREI - Marine Renewable Energy Ireland

**Participantes:** Jeremy Gault, Robert Devoy, Nandamudi Vijaykumar (LAC/INPE)

**Tipo:** Bi-Annual visits to cooperate in the area of Coastal Environment Evaluation based on Climate Change

**Instituições internacionais:** MaREI - Marine Renewable Energy Ireland, UCC - University College Cork, Cork, Ireland

### 7 – Colaboração com Gitam University, Visakhapatnam, India

**Participantes:** Dr. G. Venkata Rao, Dr. G. Venkata Swamy, Nandamudi Vijaykumar (LAC/INPE)

**Tipo:** Bi-Annual visits to cooperate in the area of Model Based Testing, Network Optimization by means of Solvers and Heuristics and Performance Evaluation of Software Designed Networks.

**Instituições internacionais:** Gitam University, Department of Computer Science, Visakhapatnam, India

### 8 – Colaboração com University of Munster, Alemanha

**Participantes:** Lúbia Vinhas (INPE), Karine Ferreira (INPE), Gilberto Queiroz (INPE), Gilberto Camara (INPE), Edzer Pebesma (Munster)

**Tipo:** colaborações em pesquisa no tema “Earth Observation analytics using R”

**Instituições internacionais:** University of Munster, Alemanha

### 9 – Working Group on Information Systems (WGISS) and Services do Group on Earth Observation Satellites (CEOS)

**Participantes:** Lúbia Vinhas (INPE), Gilberto Ribeiro de Queiroz (INPE) Ricardo Cartaxo (INPE), Mirko Albani (ESA), Yonsook Enloe (NASA) (e outros)

**Tipo:** acordo de cooperação

**Instituições internacionais:** INPE, NASA, ESA, ISRO, JAXA, dentro outras agências internacionais que participam do grupo CEOS.

10 – Colaboração com a Universidade Nova de Lisboa

**Participantes:** Karine Ferreira (INPE), João Carlos Gomes Moura Pires (Universidade Nova de Lisboa), André Pereira

**Tipo:** colaborações em pesquisa no tema “Spatiotemporal and big data”, orientação conjunta de mestrado

**Instituições internacionais:** Universidade Nova de Lisboa.

### Colaborações e Parcerias Específicas

São consideradas parcerias específicas as publicações de artigos com co-autores estrangeiros, visitas a universidades do exterior e recepção de visitantes estrangeiros, etc. Além das parcerias e colaborações que envolvem os docentes da CAP, seus discentes também são envolvidos indiretamente com pesquisadores estrangeiros através da cooperação em projetos e coautoria em artigos; mais diretamente colaborando com visitantes estrangeiros (através de aulas, seminários e reuniões) e, em alguns casos, participando como visitantes em institutos do exterior com bolsas de projetos ou do programa PDSE.

## 5. Sensoriamento Remoto

Antecipando a grande necessidade de formação de pesquisadores especializados na análise e interpretação de dados de sensoriamento remoto, o INPE criou em 1972 o curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação Sensoriamento Remoto (PPG-SER) e, em 1998, o curso de Doutorado. A ênfase no aprendizado e na aplicação de metodologias consagradas logo se expandiu para o desenvolvimento de métodos e tecnologias mais adequadas à solução de problemas que afligem a sociedade brasileira. Os exemplos incluem novas técnicas para identificar focos de desmatamento em tempo real, focos de queimada, emissão de gases-traços provenientes de queimada, novas tecnologias para a identificação de padrões espaciais de criminalidade e saúde de populações urbanas, fusão de dados para o mapeamento de depósitos minerais e o monitoramento de represas, determinação da sensibilidade do litoral à poluição por óleo e novos métodos para a previsão de captura de recursos pesqueiros, monitoramento de culturas agrícolas, apenas para citar alguns. As maiores provas do sucesso do Programa não só se percebem pela atribuição do conceito 7 mas também pelos benefícios diretos e indiretos verificados pela sociedade brasileira no emprego e no desenvolvimento dessa tecnologia. Como exemplo cita-se o Programa PRODES que tem como objetivo calcular a taxa anual de desflorestamento bruto na Amazônia. Este projeto sofreu inúmeros aprimoramentos que o tornam referência internacional e cuja estratégia tecnológica tem sido perseguida e adotada em diferentes países. Há ainda todo o trabalho de calibração absoluta de sensores orbitais em voo que foi inteiramente desenvolvido no país no ambiente acadêmico do Programa, além do desenvolvimento de aplicativos computacionais como o SPRING, TerraView, TERRA Amazon, dentre outros, cujas muitas funções nasceram como fruto do esforço de docentes e de alunos. Todas estas iniciativas deram ao país autonomia tecnológica à solução de seus problemas.

O curso tem se esforçado em manter as parcerias internacionais já praticadas há anos que tanto têm colaborado para a atualização do conhecimento de docentes e discentes, e para criar novas parcerias. Como exemplo, durante a vigência do programa governamental Ciências sem Fronteiras sete docentes do nosso curso realizaram o doutorado sanduíche em universidades renomadas de vários países, destacando-se Estados Unidos, França, Reino Unido e Finlândia. Além disso, vários dos docentes do Programa mantêm parcerias com instituições internacionais, entre elas CASA-UCL/UK; Birbeck College-University of London/UK; L'Institut de recherche pour le développement (IRD), França; Espace Dev/IRD; Universidade de Turku, Faculty Council of Mathematics and Natural Sciences, Finlândia; Universidade do Maine, Orono, EUA; Geography Department da University of Victoria, Canadá; Earth Research Institute, (ERI) da University of California, Santa Barbara; Center for Global Change and Earth Observations da Michigan State University; Universidade de Economia da Norueguesa, NOR; Universidade Economia de Londres, UK; Universidade de Lancaster, UK; Universidade de Warwick, UK; Universidade de Oxford, UK; Joint Research Centre da União Europeia, EU; Universidade de Leeds; Universidade de Exeter, UK; University of Cambridge, UK; The University of Edinburgh,

UK; Universidade de Sheffield, UK; Universidade do Arizona, US; NASA/JPL, USA; NASA Goddard Space Flight Center, USA; Universidade de Helsinki, Finlândia; Universidade de Washington, EUA; Universidade de South Dakota, USA; Universidade de Oklahoma, USA; Universidade da Georgia, USA; Universidade do Kansas, USA; Universidade de Columbia, USA; Universidade de Maryland, USA. Essas parcerias promovem a internacionalização do nosso curso, seja via desenvolvimento de projetos, publicações científicas, visita de pesquisadores estrangeiros, recebimento de nossos alunos para período de doutorado sanduiche no exterior, entre outros. Destaca-se a forte cooperação acadêmica e científica com a University of Exeter, Inglaterra, principalmente com apoio aos projetos relacionados às pesquisas sobre a dinâmica do carbono da floresta Amazônica, os quais estão sendo financiados pela própria universidade e pelo Natural Environment Research Council (<http://www.nerc.ac.uk/>). Também foi formalizado um acordo sobre Propriedade Intelectual de Pesquisa, publicações, confidencialidade que devem ser aplicados às atividades de pesquisa desenvolvidas pelas partes do âmbito do Projeto intitulado "Biomass do Brasil-Resiliência, Recuperação e Diversidade: BIO-RED, parceria esta efetuada com a Universidade de Leeds, Reino Unido. O aporte financeiro das parcerias com o Reino Unido tem viabilizado as atividades do Laboratório de Laboratório de Ecossistemas Tropicais e Ciências Ambientais (TREES), as pesquisas tratadas em conjunto por nossos docentes Dr. Luiz Eduardo Oliveira e Cruz de Aragão, Dra. Liana O. Anderson e Dr. Yosio E. Shimabukuro e os Drs. Iain Hartley e Ted Feldpausch da Universidade de Exeter, bem como a orientação por parte destes docentes brasileiros tanto de discentes de mestrado, doutorado e pós-doutorado brasileiros como de discentes vinculados às universidades de Exeter e de Leeds.

Dentre as várias parcerias internacionais dos docentes do curso de pós-graduação com instituições internacionais, destaca-se:

- Dr. Antônio Miguel Vieira Monteiro: Pesquisador Associado no Projeto RESOLUTION: REsilient Systems fOr Land Use TransportatION, FAPESP-ESRC-NWO Joint Call for Transnational Collaborative Research Projects, CASA-UCL/UK, Birbeck College-University of London/UK, Universidade de São Paulo (USP), Universidade Federal do ABC e INPE; Pesquisador Associado no Projeto JEAI-GITES Brésil - Jovem Equipe Associada ao L'Institut de recherche pour le développement (IRD) - Gestão, Indicadores e Território em Ambiente e Saúde no Brasil – parcerias com LAGAS do Departamento de Geografia Universidade de Brasília (UNB), IRD através da UMR ESPACE-DEV, Fiocruz - RJ e INPE. Pesquisador Associado ao LMI Sentinela - Laboratoires Mixtes Internationaux - Observatoires transfrontaliers de l'Environnement, du Climat et des Maladies Vectorielles – sites sentinelle de l'Observatoire brésilien Climat et Santé, coordenado pelo IRD e pela UnB, em parceria com FIOCRUZ, UnB, Espace Dev/IRD.

- Dr Camilo Daleles Rennó: Coorientou o Gabriel Massaine Moulatlet, aluno de doutorado da Universidade de Turku, Faculty Council of Mathematics and Natural Sciences, Finland, juntamente com a Dra. Hanna Tuomisto (orientadora). O trabalho "Mapping species-habitat associations in lowland Amazonia: an across-scale perspective with biogeographical implication" foi defendido em 14 de dezembro de 2017.

- Dr. Claudio Clemente Barbosa: Mantém parceria com a Universidade do Maine, Orono, EUA.

- Dra. Evelyn Márcia Leão Novo: Parceria com a Universidade da Califórnia, Santa Bárbara com Dr. John Melack e com Dra. Sally McIntire. Com o L'Institut de Recherche pour le Développement (IRD), França com Marie Bonet. Colaboração com a Dra. Maycira Costa do Geography Department da University of Victoria, Canadá. Desde 2001, ocupa a posição de Research Scientist junto ao Earth Research Institute, (ERI) da University of California, Santa Barbara, como parte da colaboração com o Dr. John Melack (Bren School of Environmental Science and Management).

- Dra Ieda Del'Arco Sanches: Parceria com Gustavo Togeiro Alckmin, aluno de doutorado da Universidade da Tasmânia (School of Land and Food, University of Tasmania), em pesquisa com uso de drones para monitoramento de pastagens "Determining Biophysical and

Biochemical Attributes of Pasture (Perennial Ryegrass) Using Very High Resolution Imaging Techniques”. Tem parceria com o Dr. Dengsheng Lu, Professor, Center For Global Change & Earth Observations (CGCEO), Michigan State University.

- Dra. Liana Oighenstein Anderson: Mantém colaboração internacional com as seguintes instituições: Universidade de Economia da Norueguesa, NOR, cujo pesquisador de contato é o Dr. Torffin Harding; Universidade Economia de Londres, UK, cuja interação se dá com a Dra. Karly Kuralbayeva; Universidade de Lancaster, UK, cujo principal contato é efetuado com a Dr. Yhasmin de Moura; Universidade de Warwick, UK, cujas interações são realizadas com o Dr. João Porto; Universidade de Oxford, UK, cujas interações são realizadas com a Dra. Imma Oliveiras; Joint Research Centre da União Europeia, EU, cujo o ponto focal de contato é com o Dr. Jesús San-Miguel.

- Dr. Luiz Eduardo Oliveira e Cruz de Aragão: Mantém colaboração internacional com as seguintes instituições: Univerisdade de Oxford, UK, cujo pesquisador de contato é o Dr. Yadvinder Malhi; Universidade de Leeds, UK, cuja interação se dá com o Dr. Oliver Phillips; Universidade de Lancaster, UK, cujo principal contato é efetuado com o Dr. Jos Barlow; Universidade de Exeter, UK, cujas interações são realizadas com com os Drs. Iain Hartley e Ted Feldpausch; Universidade do Arizona, US, cujo contato se faz com o Dr. Scott Saleska; NASA/JPL, US, cujo contato é Sassan Saatchi; e Universidade de Helsinki, FI, cuja interação se dá com nosso ex-discente, Eduardo Maeda, agora professor desta universidade.

- Dr. Luciano Vieira Dutra: Mantém parceria com o Dr. Dengsheng Lu do Center for Global Change and Earth Observations da Michigan State University e da Zhejiang A&F University;

- Dr. Milton Kampel: Intercâmbio internacional com a Universidade de Washington, EUA no âmbito do projeto TROCAS/FAPESP, como pesquisador e incluindo a discente da PGSER Aline M. Valério e bolsistas INPE. Participação como Co-PI/Brasil da rede de observações latino-americana ANTARES. Membro do Comitê do Grupo Internacional de Coordenação para a Cor do Oceano - IOCCG ([www.ioccg.org](http://www.ioccg.org)). Membro de Grupo de Trabalho sobre o Uso de Observação da Terra para o Monitoramento Global da Qualidade da Água (<http://ioccg.org/group/water-quality/>). Pesquisador Principal de Projeto internacional e multidisciplinar de pesquisa, financiado pelo Instituto Interamericano para Pesquisas em Mudanças Globais (IAI, [www.iai.int](http://www.iai.int)), No. CRN3094.

- Dr. Yosio Edemir Shimabukuro: Mantém colaboração internacional com as seguintes instituições: Universidade de Lancaster, UK (contato Dr. Fernando Del Bon Espirito Santo, ex-mestrando da Pós-graduação em Sensoriamento Remoto); Universidade de Helsinki, FI (Dr. Eduardo Maeda, ex-mestrando da Pós-graduação em Sensoriamento Remoto); Universidade de Sheffield, UK ( contato Dr. João Carreiras, ex-doutorando visitante da Divisão de Sensoriamento Remoto); Universidade da Georgia, USA (contato Dr. Sergio Bernardes, ex-mestrando da Pós-graduação em Sensoriamento Remoto); Universidade do Arizona, USA (contato Dr. Scott Saleska); Universidade de Oklahoma, USA (contato Dr Xiangming Xiao), Universidade de South Dakota, USA (contato Dr. Izaya Numata, ex-mestrando da Pós-graduação em Sensoriamento Remoto); Universidade de Maryland, USA (contato Dr. Mathew Hansen), Universidade de Columbia, USA (contato Dra. Ruth DeFries); Universidade do Kansas, USA (contato Dr. Nathaniel A. Brunsell); NASA Goddard Space Flight Center, USA (contato Dr. James Compton Tucker), Joint Research Center, IT (contato Dr. René Beuchle).

O Corpo Docente do PPG-SER atua como revisor de vários periódicos internacionais: Applied Geography, Applied Soft Computing, Atmospheric Environment, Australian Journal of Soil Research, Biogeosciences, Canadian Journal of Remote Sensing, Climate Dynamics, Climatic Change, Computers & Electrical Engineering, Computers & Geosciences, Computers & Graphics, Computers, Environment and Urban Systems, Continental Shelf Research, Earth Science Informatics, Earth Surface Processes and Landforms, Ecological applications, Ecological Modelling, Environment and Planning B, Environmental Engineering Science, Environmental Modelling & Software, Environmental Pollution, Expert Systems with Applications, Forest Ecology and Management, Geoderma, GeoJournal, Geophysical Research

Letters, Global Biogeochemical Cycles, Global Change Biology, Holos Environment, IEEE Communications Magazine, IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, IEEE J-STARS, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, IET Image Processing, International Forestry Review, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, International Journal of Digital Earth, International Journal of Geographical Information Science, International Journal of Geographical Information Systems, International Journal of Remote Sensing, ISPRS International Journal of Geo-Information, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, ITC Journal, Journal of Applied Remote Sensing, Journal of Biogeography, Journal of Ecology, Journal of Environmental Informatics, Journal of Environmental Management, Journal of Geophysical Research, Journal of Imaging Science and Technology, Journal of Marine Systems, Journal of Negative Results - Ecology and Evolutionary Biology, Journal of Plankton Research, Journal of South American Earth Sciences, Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, Land Use Policy, Landscape and Urban Planning, Latin American Journal of Aquatic Research, Lecture Notes in Computer Science, Marine Pollution Bulletin, Meteorology and Atmospheric Physics, Neurocomputing, New Phytologist, Oecologia, Pattern Recognition, Philosophical Transactions of the Royal Society – B, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Plant Ecology & Diversity, PLoS Neglected Tropical Diseases, Plos One, Regional Environmental Change, Remote Sensing, Remote Sensing Letters, Remote Sensing of Environment, Risk Analysis, Science, Scientia Agricola, Sensors, Source Code for Biology and Medicine, Theoretical and Applied Climatology, Theoretical and Applied Engineering, Transactions in GIS, Tree Physiology, Urban Geography, Water Resources Research.

Temos também docentes do nosso curso que são membros de corpo editorial de periódicos internacionais: Journal of Ecosystems, Plant Ecology & Diversity (Plant Ecol Divers), ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing e ISPRS Special Issue 'Coping with Environmental Challenges in Latin America'.

## 6. Meteorologia

O Programa de Pós-Graduação em Meteorologia (PPG-MET) do INPE, o mais antigo do Brasil, teve início em 1968 com o Mestrado e posteriormente em 1974 com o Doutorado. O Programa é aberto para alunos de instituições nacionais e internacionais e oferece a oportunidade de bolsas de estudos da CAPES e do CNPq, além da possibilidade de solicitação à FAPESP e outros órgãos públicos e privados. Seu objetivo consiste na formação de recursos humanos altamente especializados nas áreas de meteorologia, climatologia, modelagem atmosférica, oceânica e ambiental. O corpo docente apresenta em sua maioria pesquisadores com formação no exterior, com um número expressivo de bolsistas de produtividade e pesquisa do CNPq.

Existe dentro da PPG-MET um forte incentivo à participação de docentes e discentes em projetos internacionais de cooperação técnica e de pesquisa. É comum a visita de pesquisadores de Instituições estrangeiras com a oferta de cursos de curta duração (de uma a duas semanas). Muitos discentes têm oportunidade de participar de estágios sanduíche no exterior, principalmente nos EUA e Europa, colaborando assim para a sua formação em nível internacional. Além disso, é grande a participação de docentes e discentes em diversos eventos internacionais com a apresentação de trabalhos de mestrado e doutorado, com o uso das verbas do Programa CAPES/PROEX, onde possui conceito 6 nas avaliações de 2004 até o presente, FAPESP, CNPq e de projetos internacionais, com auxílios financeiros da National Aeronautics and Space Administration - NASA, Instituto Interamericano para Pesquisas em Mudanças Globais - IAI, Organização Meteorológica Mundial - OMM, dentre outros. Como parte da internacionalização do Programa, há a participação de diversos pesquisadores estrangeiros como membros de Banca de Defesa de Mestrado e, principalmente de Doutorado. Diversos seminários são ministrados em língua inglesa e com a apresentação de defesas finais de mestrado e doutorado em língua inglesa. Recentemente, houve a participação de diversos discentes estrangeiros no Programa vindo de diferentes países, entre eles: Argentina, Bolívia, Chile, Cuba, Paraguai, Peru e Sérvia.



## Convênios e Projetos de Cooperações Técnicas Internacionais

- CLIMAX: Climate Services Through Knowledge Co-Production: A Euro\_South American Initiative for Strengthening Societal Adaptation Response to Extreme Events.

European-South American research cooperation with the purpose of producing new tools for climate predictions based on co-production, when the resulting products from the climate research are developed according to the collaborations with the agriculture and water resources sectors. It has a trans-disciplinary framework, with participants from the social science and climate science. The climate research is focused on climate variability studies, predictability and prediction and on the development of new tools for climate prediction on subseasonal and seasonal time scales. Analyses of the socio-cultural contexts for the co-production and the usefulness of climate information for the agriculture and hydropower sectors will be carried out by the social scientists.

Docentes envolvidos: Caio Coelho, Chou Sin Chan e Iracema Cavalcanti

Países envolvidos: Alemanha, Argentina, França.

- ATTO: The Amazonian Tall Tower Observatory allow a continuous observation of large subcontinental regions providing the key to focusing on the problem of understanding climate change interactions with ecosystems. The ATTO project cover several goals we are related to the following: To develop and validate dynamic vegetation models, atmospheric boundary layer models, cloud physics and its interation with aerosol and inverse models for description of heat, moisture, aerosol and trace gas fluxes. To evaluate satellite estimates of greenhouse gases, temperature and humidity profiles.

Docentes envolvidos: Luiz Augusto Machado, Gilberto Fisch

Países envolvidos: Alemanha, Holanda, Estados Unidos

- RELAMPAGO: The Remote sensing of Electrification, Lightning, And Mesoscale/microscale Processes with Adaptive Ground Observations. Field program from 1 Nov – 15 Dec 2018 in west central Argentina in the general vicinity of the Sierras de Córdoba (SDC) mountains and the Andes foothills near Mendoza. This region has among the most intense convective systems in the world with respect to the frequency of large hail, high storm tops, and extreme lightning activity, yet groundbased observations have been scarce, and much remains unknown about the intense convection in this region. The scientific objectives of RELAMPAGO, leveraging the repeatability of storms in the region, are to address science questions related to the pre-initiation to initiation, initial organization/severe-weather generation, and upscale growth/backbuilding stages of storm development, which are poorly understood.

Docentes envolvidos: Luiz Augusto Machado, Daniel Vila

Países envolvidos: Argentina, Estados Unidos.

- SOS CHUVA: The Sistema de Observação de Tempo Severo, the SOS CHUVA, is a project which aims to develop research in nowcasting of severe thunderstorms based on knowledge acquired about the physical properties of clouds in the CHUVA thematic project. The basis of this research is the dual polarization radar operating in Campinas, for 24 months (two wet seasons) to capture intense events that provide the base for the study of the physical processes inside of thunderstorms aiming at improving predictability in the short term and the detection of severity.

Docentes envolvidos: Luiz Augusto Machado, Daniel Vila, José Marengo

Países envolvidos: Argentina, EUA, Alemanha.

- GPM: The main goal of this proposal is to describe the physical process of the intense rainfall events and propose a methodology to describe the physical properties using satellite remote sensing data and evaluate how the retrieval techniques employed by GPM are adequate to describe these rainfall systems.

Docentes envolvidos: Luiz Augusto Machado, Daniel Vila

Países envolvidos: EUA, Japão

- EUROBRISA: "A Euro-Brazilian Initiative for improving South American seasonal forecasts.

Docentes envolvidos: Caio Coelho

Países envolvidos: Reino Unido, França

- Operation Gridded Dataset of Daily Precipitation over Latin America (LatAm Dataset).

O objetivo desse projeto é implementar o algoritmo CoSch (Combined Scheme) de fusão de dados de satélites e pluviômetros na América Latina na DataLibrary do IRI para aplicação em seguros agrícolas na região.

Docentes Envolvidos: Daniel Vila

Países envolvidos: EUA, Suíça

- Assessment of ground-reference data in Brazil and validation of the H-SAF precipitation products in the perspective of CDOP- 3.

O objetivo desse projeto visa a validação dos produtos de estimativa de precipitação do H-SAF em toda a região de abrangência do sensor SEVIRI (MSG) a partir de dados dos radares do experimento CHUVA.

Docentes envolvidos: Daniel Vila

Países envolvidos: Itália e França.

- Visiting Researcher Agreement with NASA Headquarters

Acordo entre o INPE e a NASA no envolvimento de orientação de estudantes da Pós-Graduação em Meteorologia do INPE, assim como na publicação de artigos conjuntos.

Docentes envolvidos: Dirceu L. Herdies

Países envolvidos; EUA

- KLIMAPOLIS: Climate Change in Metropolitan Areas of Brazil.

O projeto KLIMAPOLIS tem por objetivo estabelecer e desenvolver uma pesquisa colaborativa de longo prazo entre instituições de pesquisa proeminentes da Alemanha e do Brasil, e que investigará as questões da co-evolução da urbanização, das mudanças do clima e da poluição atmosférica várias áreas metropolitanas do Brasil.

Docentes envolvidos: Chou Sin Chan

Países envolvidos: Alemanha, Reino Unido e França.

## 7. Centro de Ciência do Sistema Terrestre

Desde meados da década de 80, surgiu, por iniciativa da NASA e de várias universidades dos Estados Unidos, a ideia de considerar os aspectos integrados das ciências ambientais, sociais, e outras, num contexto único, referido como "Earth System Sciences". Como consequência, importantes universidades dos EUA na área ambiental criaram centros de pesquisa relevantes para "Earth System Sciences", entre elas: Earth System Science Interdisciplinary Center na Universidade de Maryland, Institute for the Study of Earth, Oceans, and Space da Universidade de New Hampshire, CISEIN-SEDAC na Columbia University, e o Center for Global Change Science do Massachusetts Institute of Technology. No Brasil, na última década, vem despontando a área de Ciência do Sistema Terrestre, a qual busca desenvolver o entendimento das interações dos elementos componentes do sistema (oceanos, atmosfera, criosfera, solo-vegetação) entre si, assim como a ainda muito difícil modelagem da interação deste sistema (biogeofísica, biogeoquímica e biodiversidade) com os sistemas humanos (instituições, políticas, cultura, economia, demografia, etc). Em outras palavras, busca-se entender a dinâmica da interação complexa de sistemas naturais e sociais.

No país, tradicionalmente as Ciências Ambientais dizem respeito à aplicação das ciências naturais e sociais ao entendimento e resolução dos problemas ambientais que impactam as atividades humanas, tais como, poluição, desmatamento, erosão do solo, mudanças climáticas e perda de biodiversidade. As pesquisas brasileiras na área das ciências ambientais evoluíram de duas maneiras razoavelmente distintas. Por um lado, houve uma grande concentração de pesquisa que enfoca as relações qualitativas entre desenvolvimento econômico e alterações ambientais, sob o ponto de vista das ciências sociais e, por outro lado, houve avanços nas pesquisas e estudos em ciências físicas e naturais, entre elas, Meteorologia, Climatologia,

Oceanografia. Tipicamente na categoria de alterações ambientais e ciências sociais estão os programas de pesquisa em meio ambiente e desenvolvimento sustentável. Outrossim, há um número crescente de programas de pesquisa em ciências ambientais com um enfoque quantitativo sobre o impacto das atividades humanas na Natureza. Nestes programas observa-se ênfase em ciências naturais e na modelagem ambiental, que deve incluir não só os componentes abióticos, como os bióticos e os sócio-econômico-culturais, isto é, a biologia e os sistemas humanos são tão importantes quanto os componentes abióticos. Muitos dos programas nesta segunda categoria se restringem à modelagem dos aspectos físicos e químicos normalmente associados à poluição ou contaminação do meio ambiente, seja esta poluição/contaminação da atmosfera, das águas ou do solo, as quais se concentram mais na parte observacional, monitoramento, previsão de tempo e clima, e posteriormente projeções de cenários de mudanças climáticas.

Como resultado, criou-se o Programa de Pós-Graduação em Ciência do Sistema Terrestre (PPG-CST), cujo foco principal é a pesquisa e formação de doutores com formação especializada e de qualidade para a busca de soluções concretas a problemas ambientais globais que repercutam no Brasil e na América do Sul, utilizando ferramentas de modelagem e análise de dados ambientais. Como a Ciência do Sistema Terrestre Aplicada é área do conhecimento em construção em nível internacional, abre-se a oportunidade de uma contribuição intelectual original ao seu desenvolvimento, voltada aos problemas ambientais regionais, que envolva também um forte componente de desenvolvimento tecnológico com produtos inovadores de monitoramento e previsão da evolução, interações, flutuações e perturbações do Sistema Terrestre. O desenvolvimento das pesquisas atuais e futuras de análises de projeções de cenários climáticos futuros e de *downscaling* de cenários de clima estão sendo realizadas em colaborações nacionais com a EMBRAPA; FIOCRUZ; COOPE UFRJ; Centros Estaduais de Meteorologia e Hidrologia do Brasil; e com instituições estrangeiras como o Hadley Centre; Tyndall Centre e Oxford University do Reino Unido; NASA e NCAR dos EUA; Meteorological Research Institute do Japão; CIMA da Argentina e com Órgãos Internacionais como o IAI; World Bank e DEFRA, no desenvolvimento de estudos de modelagem de cenários climáticos futuros de mudanças climáticas usando vários tipos de modelos climáticos globais e regionais, assim como estudos de impactos e vulnerabilidade das mudanças do clima em setores chaves do Brasil: Economia, Agricultura, Energia, Migração e Saúde. Ressalta-se que resultados destes estudos serviram como base para o Plano Nacional de Mudanças Climáticas do Ministério do Meio Ambiente. Novos cenários de clima futuro estão sendo rodados para a UNFCCC, em parceria com o Programa Nacional de Mudanças Climáticas do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT), com colaboração do World Bank e o Global Environmental Facility.

Entre 40 e 50% dos projetos desenvolvidos pelo PPG-CST envolvem convênios ou colaborações internacionais, e compreendem atividades de cooperação para desenvolvimento de projetos de pesquisa científica em mudanças ambientais globais, vinculados a agenda científica do Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST), e seus programas e projetos associados, tais como INCT-Mudanças Climáticas e Rede Clima. Destacam-se, por exemplo:

1. Convênio de Colaboração e Apoio ao *International Geosphere-Biosphere Program* (IGBP) e *Global Land Program* (GLP), que durante os anos de 2011 a 2015, hospedou as secretarias executivas das duas importantes redes de colaboração internacional no CCST.
2. Projeto *Forests2020*, projeto de colaboração internacional envolvendo a Universidade de Edimburgh, Universidade de Leeds, Ecometrica, Univ. Autônoma do México e Univ. de los Andes, Colombia, desenvolvendo, testando e integrando métodos de detecção de mudanças em florestas e acurada identificação de desmatamento e degradação florestal.
3. *Climate Science for Service Partnership (CSSP) Brazil*, projeto de parceria com o Met Office Hadley Center, do Reino Unido, com objetivos de aprimorar a capacidade de sustentação na modelagem climática no Brasil, aprimorar a compreensão das recentes mudanças climáticas e do papel do Brasil nas atividades de mitigação e contabilidade de carbono para informar as negociações internacionais e produzir projeções de extremos e impactos

futuros, para informar a tomada de decisões e contribuir para a redução do risco de desastres no Brasil.

O desenvolvimento da agenda científica proposta pelo PPG-CST permitirá fornecer condições favoráveis para o desenvolvimento no País de excelência científica nas várias áreas das mudanças ambientais globais, com implicações para o desenvolvimento sustentável. Isto é essencial quando se considera que a economia de nações em desenvolvimento é fortemente ligada a recursos naturais renováveis, tal como é o caso do Brasil. Planos de tornar o País uma "potência ambiental", ou um país tropical desenvolvido, devem levar em consideração limitações e impactos ambientais. Com isso, este Programa procura expandir os conhecimentos existentes e colaborar com outras atividades de pesquisa nacionais e internacionais para produzir resultados que sejam, ao mesmo tempo, de alta qualidade científica e de relevância direta para políticas públicas em várias escalas temporais e espaciais. O PPG-CST pretende também fazer contribuições significativas ao debate sobre sustentabilidade ambiental, social e econômica, especialmente relacionado a questões de desenvolvimento. A Ciência do Sistema Terrestre Aplicada, busca na interdisciplinaridade e transversalidade, o desenvolvimento do conhecimento voltado aos problemas ambientais regionais do Brasil. A singularidade desta área, advém não apenas de seu processo recente de concepção intelectual, mas especialmente dos desafios que a sociedade global enfrenta, nos diversos espectros da atividade humana relacionadas ao meio ambiente. Assim, sua evolução requer forte componente de desenvolvimento científico, com estudos observacionais e de ciência básica, e tecnológico com produtos inovadores de monitoramento e previsão da evolução, interações, flutuações e perturbações do Sistema Terrestre.

### **3. ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA AMPLIAR A INTERNACIONALIZAÇÃO**

Como se pode observar, o INPE através de seus 7 Programas de Pós-Graduação possui uma forte e contínua internacionalização das atividades e o objetivo deste Plano é definir as estratégias para se ampliar ainda mais esse nível de internacionalização. Para isso, foram definidas 7 grandes áreas temáticas prioritárias, lideradas por cada Programa, onde as atividades de internacionalização estarão mais concentradas.

#### **1. Astrofísica Instrumental**

PPGs Envolvidos: AST, GES, CAP, ETE

Na área de Astrofísica Instrumental (AI) tem-se por objetivo suprir as necessidades do INPE e do país no campo da instrumentação astronômica. O desenvolvimento instrumental abrange todo o espectro eletromagnético, desde a faixa de rádio, passando pelas bandas no infravermelho e óptico até a faixa de altas energias e invade um outro espectro completamente diferente, o da astronomia de ondas gravitacionais, com instrumentação para um detector brasileiro e para interferômetros de colaborações internacionais. No aspecto de desenvolvimento instrumental para a astronomia, a área AI é única no Brasil, em razão da sua diversidade e intensidade. Nela, investiga-se a constituição, formação, evolução e fenomenologia de objetos astrofísicos diversos por meio da coleta/análise de dados observacionais, desenvolvimento de instrumentação astronômica e construção de modelos teóricos. Em função da vocação para o desenvolvimento de instrumentação e fomento para geração de tecnologia, existe interação com empresas nacionais e atividades pontuais de transferência de tecnologia para indústrias locais.

A área de Astrofísica do INPE mantém colaboração com outras instituições nacionais atuantes no desenvolvimento instrumental com o intuito de expandir a infra-estrutura nacional de laboratórios disponíveis para pesquisas diversas. Os dois principais casos são o Laboratório Nacional de Astrofísica (LNA) e o Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IF/USP). A infra-estrutura de telescópios ópticos do LNA para projetos observacionais no óptico e infravermelho é bastante utilizada pelo PPG-AST que, em contrapartida, contribui de forma contínua, há décadas, com o desenvolvimento de instrumentos para esses telescópios. A colaboração com o IF/USP insere-se no desenvolvimento do detector de ondas gravitacionais

Mario Schenberg e da instrumentação para o rádio telescópio BINGO, envolvendo o uso de laboratórios de eletrônica e criogenia. Dessa forma, o INPE é a principal instituição do país no efetivo desenvolvimento instrumental em astronomia. Como consequência direta, o PPG-AST produziu teses, com enfoque puramente instrumental, sobre instrumentos pioneiros, tais como "Desenvolvimento de transdutores paramétricos de alta sensibilidade para o detector de ondas gravitacionais Mario Schenberg" (Sergio Ricardo Furtado), "Polarização da radiação galáctica em 5 GHz: instrumentação, medidas e mapas" (Ivan Soares Ferreira), "Astrofísica de altas energias: desenvolvimento do telescópio MASCO e observações de GRO J1744-28 com o telescópio SIGMA" (Jorge Mejia Cabeza), "Investigações rádio- interferométrica de fenômenos solares e método de calibração usando satélites de GPS" (Felipe Hald Ramos Madsen).

Este enfoque experimental da AI, aliado a sua interdisciplinaridade com outros Programas do INPE é particularmente interessante para os estudantes estrangeiros, que veriam uma oportunidade de realizar teses experimentais no Brasil com mais ampla formação acadêmica. Além disto, a AI iria se beneficiar dos estudantes estrangeiros com perfil laboratorial adequado para realizá-las.

Por causa da componente observacional e de desenvolvimento de instrumentação, incluindo satélites artificiais, a pós-graduação da Astrofísica tem forte interação com a Engenharia Espacial. Além disso existe uma forte interação com a pós-graduação em Geofísica Espacial, pois o Programa de Pós-Graduação em Geofísica Espacial tem uma grande intersecção com temas de astrofísica, em especial em assuntos relacionados ao desenvolvimento de instrumentação para observação de fenômenos da física solar-terrestre e da física planetária. Finalmente, em razão da necessidade do tratamento de grande quantidade de dados astronômicos e de modelagens computacionais, existe uma significativa interação com a pós-graduação em Computação Aplicada.

## 2. Heliofísica

PPGs Envolvidos: GES, AST, CAP, ETE, MET, SER

O termo "Heliofísica" pode ser entendido como a ampliação do termo "Geofísica", compreendendo conexões entre Sol, Espaço Interplanetário e planetas. A gênese desta temática iniciou-se em 1883 com o Primeiro Ano Polar Internacional (IPY-1), seguido do Segundo Ano Polar Internacional (IPY-2) em 1933, ambos os quais prepararam as bases para o Ano Geofísico Internacional (IGY), em 1957, que foi um evento de cooperação internacional até então sem precedentes. Por ocasião do IGY, foram criados os Centros de Dados Globais (WDC), que permitiram o livre acesso a dados de diversos instrumentos internacionais e foram determinantes para muitos avanços científicos. No período de 2007 a 2009, por ocasião dos 50 anos do IGY, realizou-se o Ano Heliofísico Internacional (IHY), com campanhas experimentais e atividades diversas, tendo sido apoiado oficialmente pela Organização das Nações Unidas (ONU) (<http://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/psa/bssi/ihy2007.html>) e diversas agências espaciais internacionais. A Figura 1 ilustra a forma como o tema "Heliofísica" foi apresentado em relação às escalas e sua evolução histórica, no âmbito do IHY.

A área de Heliofísica tem por objetivo a formação de pessoal graduado preferencialmente nas áreas das ciências exatas e engenharias capacitando-os a atuar, em nível internacional, nas áreas de Pesquisa, Ensino e Aplicações em Universidades, Institutos de Pesquisa e Empresas, em questões que envolvam o conhecimento de ciência ou de tecnologias associadas ou advindas do desenvolvimento de tópicos relacionados à Física da Heliosfera, englobando temas de Física Solar, Planetária, Meio Interplanetário, Magnetosferas, Ionosferas, Atmosferas, Campos Magnéticos Planetários e de outros corpos.

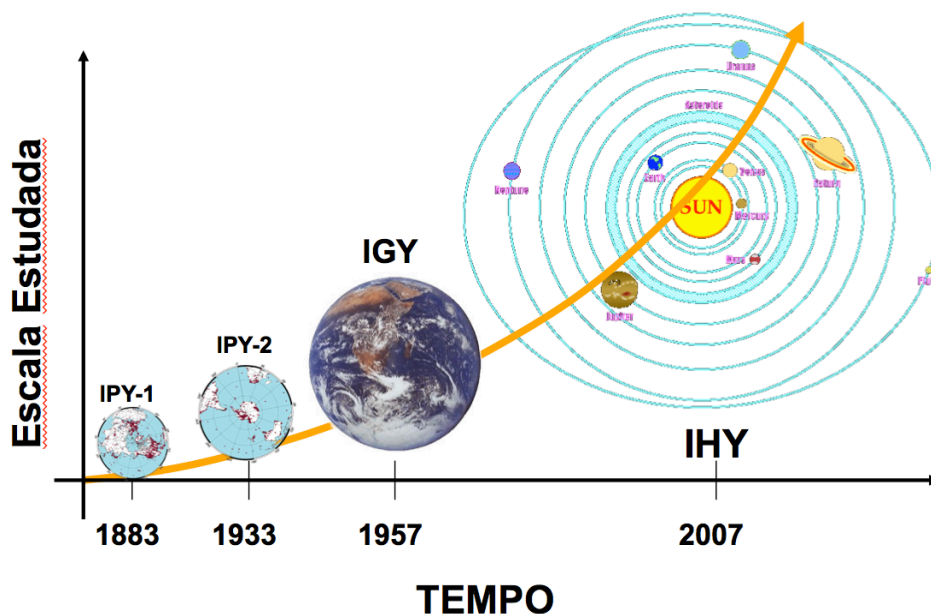


Figura 1 - Ilustração do tema “Heliofísica” no contexto do “Ano Heliofísico Internacional” (IHY).  
 FONTE: Adaptado de Davila et al. 2009 (<https://datascience.codata.org/articles/abstract/10.2481/dsj.8.S2/>)

Este tema prioritário está majoritariamente ligado, mas não restrito, ao PPG-GES e possui diversos tópicos de pesquisa, atualmente em desenvolvimento no INPE em colaboração com instituições internacionais:

- Desenvolvimento de Instrumentação e Técnicas de Análise para Física Solar–Terrestre
- Estudo de Magnetosferas Planetárias
- Origem Solar e Interplanetária das Tempestades Geomagnéticas: Observações e Modelagem
- Reconexão Magnética na Magnetosfera Terrestre
- Previsão de Tempestades Geomagnéticas
- Estudo da Dinâmica dos Cinturões de Radiação Terrestres
- Variações Geomagnéticas
- Análise Comparativa dos Dados de Cubesats e Dados de Solo
- Dinâmica Não-Linear do Ambiente Solar-Terrestre
- Física de Plasmas Espaciais: Observação e Modelagem
- Modulação de Raios Cósmicos pela Atividade Solar e Heliosférica
- Ionosfera Equatorial: TEC, Imageador Óptico, Rádio Equipamento de Superfície
- Irregularidades e Bolhas de Plasma Ionosféricas
- Estudos da Ionosfera e Alta Atmosfera com Experimentos Lançados a Bordo de Foguetes e Satélites
- Modelagem e Simulação dos Processos Ionosféricos e Termosféricos
- Sprites e Outros Efeitos Luminosos Transientes
- Ondas de Gravidade na Região da Mesosfera e Baixa Termosfera: Radar Meteorológico, Radar de Laser e Imageadores CCD All-Sky
- Estudo do Acoplamento entre a Atmosfera Neutra e Ionizada: Técnicas Óticas e de Rádio em Solo e Dados de Satélite.
- Fotoquímica e Dinâmica da Mesosfera e da Ionosfera via Aeroluminescência
- Indução Eletromagnética
- Estudos Geotectônicos
- Sistema Integrado de Posicionamento GNSS para Estudos Geodinâmicos
- Eletricidade Atmosférica
- Química da Atmosfera

### 3. Meteorologia Tropical

PPGs Envolvidos: MET, SER, CST, CAP, GES

A previsão de tempo nos trópicos é um processo que tem um desenvolvimento mais lento, visto que a maioria dos centros de pesquisa e operação em nível global se encontram fora das regiões tropicais. Entretanto, para que se avance o conhecimento na área de modelagem do sistema terrestre é preciso entender o papel dos trópicos e este fato facilita a interação entre os diversos centros de pesquisa e operação. Fazendo uso de diversos experimentos meteorológicos, consolidados e em fase de coleta de dados, é possível expandir este conhecimento, o qual deve ser integrado nos processos de modelagem. Este desenvolvimento é feito em todas as escalas de tempo, horas, dias, semanas, etc, e em diversas resoluções espaciais.

O uso de modelos numéricos de previsão de clima global é fundamental para o entendimento dos fenômenos associados aos estudos do clima global e regional, assim como o uso da base de dados observacionais e de simulações. No desenvolvimento dos modelos serão incluídas as diversas componentes que afetam o clima, com ênfase na inclusão de aerossóis e química atmosférica.

O Programa de Pós-Graduação em Meteorologia trabalha fundamentalmente com o desenvolvimento de modelos de previsão numérica de tempo e clima em todas as escalas temporais e espaciais. Também tem uma grande interação com o tema de modelagem e análise de dados, pois desenvolve grandes sistemas de modelagem do sistema terrestre, em nível local, regional e global, nos quais envolve um grande número de variáveis meteorológicas, de controle e de dados observacionais. Com seu foco em processos atmosféricos de pequena e grande escala a PG-MET, traz um elemento crítico para a complementariedade e integração dos dados satelitais de superfície, da atmosfera e dados meteorológicos de campo para diagnósticos ambientais, de processos e impactos das mudanças ambientais e do clima nos ambientes terrestres, assim como a parametrização de modelos do sistema terrestre para avaliação desses impactos.

Esta área prioritária visa estudar os sistemas de circulação em larga escala da atmosfera tropical e analisa a dinâmica de tais sistemas. Os tópicos incluem:

- Equilíbrio Radiativo-Convectivo;
- Circulação meridional (Hadley) e zonal (Walker);
- Monções;
- Camada Limite de Regiões Tropicais;
- Teoria da Resposta da Atmosfera Tropical a Anomalias Localizadas da Temperatura da Superfície do Mar;
- Oscilações em diversas escalas temporais e espaciais;
- Ondas Equatoriais;
- El Niño / Oscilação do Sul;
- Ondas do Leste e Ciclones Tropicais.

### 4. Missões Espaciais

PPGs Envolvidos: ETE, CAP, MET, SER, CST, GES, AST

Este tema abrange pesquisa e desenvolvimento de todos os segmentos de uma missão espacial dentro do escopo de suas teses e dissertações: (1) subsistemas / cargas úteis e até satélites completos, (2) lançadores e (3) sistemas de solo (comando e rastreamento, centro de missão e centro de operação).

No PPG-ETE há uma série de parcerias técnicas com outras instituições estrangeiras bem como co-orientações de tese/dissertações. Exemplos de projetos interdisciplinares com perspectivas de colaboração internacional são:

- Desenvolvimento do RaioSat, um cubesat 3U que abrigará carga útil de interesse do CCST para monitoramento de descargas atmosféricas. Há perspectiva de uma IES alemã desenvolver alguns subsistemas (Óptica e Controle Atitude) e compartilhar infraestrutura de controle com a Alemanha e Colômbia.
- Desenvolvimento do BioMassSat, uma constelação de nanosatélites que avaliará informações relacionadas à atividade de fotossíntese em florestas tais como índice de vegetação e fluorescência da clorofila. Estes nanosatélites abrigarão cargas úteis óticas de interesse também do CCST para monitoramento da saúde de florestas e utilizaram prospectivamente uma constelação de forma a se obter monitoração com maior número de revisitas.
- Investigação de fenômenos luminosos transientes (TLE) na CEA poderá se beneficiar de uma carga útil em cubesats. IES estrangeiras que demonstraram interesse incluem os países: Israel, Holanda, Itália, China, USA, UK, Argentina, Colômbia, Espanha, Japão e Rússia.

Em ambos projetos envolvendo tecnologia de nanosatélites (RaioSat e BioMassSat) as seguintes ações de projeto são necessárias e que envolvem as quatro áreas da PPG ETE majoritariamente em parceria com outras PPGs do INPE:

- Realização o projeto conceitual dos nanosatélites - Utilizando a infraestrutura de Engenharia Simultânea CPRIME da DSE/ETE/INPE definir a arquitetura de missão mais adequada e viável bem como avaliar os principais balanços de envelope de sistemas espaciais. Definição de órbita e planejamento preliminar de eventual constelação (4 áreas da PPG-ETE bem como demais outras PPGs INPE)
- Desenvolvimento do subsistema de potência dos nanosatélites (Área CSE). - Definição do painel solar, topologia de regulação e principais elementos para provisão de potência ao nanosatélite.
- Desenvolvimento do subsistema de computação de bordo com blindagem a radiação dos nanosatélites (Área CSE / CMS) - Definição de matérias de blindagem radioativa e da topologia da computação de bordo, telemetrias, telecomandos, políticas de FDIR (*Failure Detection, Isolation and Recovery*).
- Desenvolvimento do subsistema de carga útil dos nanosatélites (Área CSE) - Definição e fabricação da ótica da câmera de detecção (Parceria prospectiva internacional) e posterior processamento de imagem a bordo da mesma.
- Desenvolvimento do subsistema de controle da atitude dos nanosatélites (Área CMC) - Definição e implementação do controlador de atitude em 3 eixos para a missão (Parceria prospectiva internacional).
- Definição do segmento de lançamento dos nanosatélites (Área PCP/CMC/CSE) - Avaliação de possibilidade de lançadores, estudo de viabilidade e Custo-Benefício bem como posterior contato para agendamento do lançamento (Parceria prospectiva com uso de lançadores nacionais – IAE/DCTA ou EUA, Índia, Rússia, Japão ou China).
- Realização das atividades de Montagem, Integração e Testes (AIT) do nanosatélite (Área CSE / CMS / CMC / PCP) - Serão realizados testes de subsistemas dos nanosatélites com posterior integração a e testes em nível de sistemas. Para testes de subsistemas, parceria prospectiva internacional.
- Desenvolvimento e Operação do segmento de solo dos nanosatélites (Área CMC/CSE) - Definição da topologia do segmento de solo para rastreamento e controle do nanosatélite com banco de dados de telemetrias, telecomandos, políticas de solo para operação e FDIR. (Parceria prospectiva com uso de estações terrenas na América Latina, EUA, Europa, África do Sul, Índia, Rússia, Japão ou China).

## 5. Aplicações de Satélites para o Desenvolvimento Sustentável

PPGs Envolvidos: SER, ETE, CAP, MET, CST

No contexto global das discussões sobre mudanças ambientais, desenvolvimento sustentável, saúde e segurança alimentar o Brasil tem posição de liderança no desenvolvimento de técnicas



de monitoramento por satélite e geoprocessamento para recursos naturais, desenvolvimento de tecnologias em processamento de imagens e dados satelitais e serviços. Esta área temática, tem como principal objetivo formar pesquisadores e profissionais, com reconhecida competência e liderança para atuar em questões nacionais alinhadas com iniciativas globais. Assim, o tema visa formar lideranças científicas para subsidiar ações e criar soluções dentro de fóruns internacionais como a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC, na sigla em inglês), o Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas (IPCC, na sigla em inglês), a Convenção sobre Diversidade Biológica (CBD), a Convenção sobre Áreas Alagadas com Importância Internacional (RAMSAR Convention), a Convenção para o Combate a Desertificação (UNCCD) e o Sendai Framework for Disaster Risk Reduction (UNISDR). A atuação competente das lideranças formadas dentro desta linha temática, através do desenvolvimento de pesquisas de ponta, auxilia estrategicamente o Brasil a cumprir suas metas internacionais estabelecidas dentro da Política Nacional Sobre Mudança do Clima (PNMC – Lei no 12.187), incluindo oportunidades de mitigação; impactos, vulnerabilidades e adaptação; pesquisa e desenvolvimento; e educação, capacitação e comunicação. As pesquisas terão impacto direto na Estratégia Nacional para REDD+ no Brasil (ENREDD+), que formaliza, perante a sociedade brasileira e os países signatários da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, as ações para prevenção e controle do desmatamento e da degradação florestal, a promoção da recuperação florestal e o fomento ao desenvolvimento sustentável. Esta temática multidisciplinar exige não somente o entendimento de sistemas ambientais complexos, como também o domínio do processamento de imagens de satélites, o conhecimento e desenvolvimento de sensores para o monitoramento de alvos específicos e a habilidade de modelar esses sistemas. São previstos estudos nas seguintes linhas específicas, considerando o Corpo Docente multidisciplinar de vários PPGs do INPE:

- Agricultura Tropical
- Ecossistemas Tropicais e Ciências Ambientais
- Mudanças Climáticas e de Uso da Terra
- Recursos Florestais Tropicais
- Oceanografia
- Águas Interiores
- Geologia e Geomorfologia
- Estudos Urbanos
- Geoprocessamento
- Sensoriamento Remoto Hiperespectral e Espectrorradiometria
- Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto
- Sensores: Ópticos de Alta e Moderada Resolução, LIDAR E RADAR

## 6. Mudanças Ambientais Globais

PPGs Envolvidos: CST, ETE, CAP, MET, SER, GES

As recém-lançadas metas de desenvolvimento sustentável (“*Sustainable Development Goals*” - SDG) visam orientar as agendas e políticas públicas dos Estados membros da Organização das Nações Unidas (ONU) até o ano de 2030 e pesquisas neste tema prioritário podem contribuir significativamente na produção de indicadores relevantes para algumas SDGs e para o processo de desenvolvimento sustentável do planeta. Neste contexto, na área temática de Mudanças Ambientais Globais, propõe-se desenvolver pesquisas interdisciplinares e conhecimento na busca de soluções e tecnologias cientificamente embasadas que promovam o caminho em direção um desenvolvimento sustentável, seguro e socialmente justo, minimizando impactos negativos de mudanças ambientais regionais, particularmente na região tropical, e globais, nos sistemas socioeconômicos e naturais vitais para a sustentabilidade ambiental e para o bem estar humano, no que se refere ao acesso à alimentação, recursos hídricos, energia e saúde.

A complexidade das interações dos componentes do sistema natural (oceanos, atmosfera, criosfera, solo-vegetação) entre si, assim como a modelagem da interação deste sistema (biogeofísica, biogeoquímica e biodiversidade) com os sistemas humanos (instituições,

políticas, cultura, economia, demografia, etc) exige uma abordagem transdisciplinar que só pode ser alcançada com a participação de várias áreas de pesquisa do INPE. Deve-se envolver, por exemplo, aspectos de engenharia e desenvolvimento de tecnologias espaciais, ciências atmosféricas e da física planetária, além de técnicas computacionais e de geoprocessamento para aplicações de sensores orbitais em problemas relacionados a agricultura tropical, ecossistemas tropicais e ciências ambientais, buscando entender a dinâmica da complexa interação de sistemas naturais e sociais. Busca-se priorizar ações visando promover parcerias internacionais em pesquisas em áreas de:

- Modelagem do Sistema Terrestre
- Diagnósticos e Cenários de Interações Sócio-Ambientais
- Redes de Observação do Sistema Terrestre
- Nexo Água-Energia-Segurança Alimentar

Na área de modelagem, um dos grandes desafios científicos é a capacidade em representar o sistema terrestre, abrangendo não somente as dimensões físicas e biológicas, como também as dimensões humanas. O desafio de estudar de forma integrada estas dimensões é algo embrionário globalmente, sobretudo nos países em desenvolvimento. Dentre as várias ações de pesquisas sólidas e aprofundadas realizadas no PPG-INPE, existem diversos esforços colaborativos, nas áreas de desenvolvimento de arcabouço computacionais de modelagem que representem os diferentes componentes do Sistema Terrestre, assim como parametrização de modelos existentes, como por exemplo, modelagem da dinâmica da biosfera terrestre, modelos de mudanças de uso e cobertura da terra e emissões de gases de efeito estufa, modelos ecohidrológicos e agrícolas, assim como modelagem climática regional visando a construção de cenários e impacto das mudanças climáticas a nível regional.

Outro eixo de atividades busca pesquisas para sintetizar bases de dados observacionais confiáveis, com histórico e perspectiva futura que permitam captar os efeitos de mudanças ambientais globais, em diferentes domínios da superfície terrestre, como por exemplo, redes de medições de gases de efeito estufa e ciclos biogeoquímicos, caracterização do potencial para produção de energias renováveis e detecção de descargas elétricas atmosféricas.

São também incentivadas pesquisas visando a formulação de cenários para desenvolvimento sustentável, integrando resultados de atividades de observação e modelagem, propondo-se a transição da lógica de pesquisa tradicional, focada em estudos de impactos socioambientais, para a análise das trajetórias, limites e padrões espaço-temporais sob os quais a estabilidade dos sistemas naturais pode ser sustentada. Esta transição representa um dos maiores desafios à ciência moderna e também um aspecto fundamental para subsidiar a formulação de políticas públicas mais consistentes.

Finalmente, destaca-se que em face às crescentes pressões aos recursos naturais no contexto das mudanças ambientais atuais, a inter-relação das ações antrópicas com o meio ambiente no Brasil tem papel fundamental no sistema climático global, devido à grande área territorial do país, à riqueza de recursos e biodiversidade de seus biomas e à significativa interdependência da base econômica com os recursos naturais renováveis e com sua cobertura vegetal.

O progresso das pesquisas científicas na área de Ciências para a Sustentabilidade tem como uma das suas temáticas centrais o nexos entre água, energia e segurança alimentar e requer o entendimento do problema em múltiplas escalas. Assim, sua gestão requer abordagens inovativas que possam capacitar a tomada de decisão nas esferas públicas e privadas em favor da sustentabilidade com equidade e bem-estar humano.

## **7. Modelagem e Análise de Dados da Terra e do Espaço**

PPGs Envolvidos: CAP, ETE, MET, SER, CST, GES, AST

Dados do Espaço e da Terra são aqueles que permitem a compreensão da Terra e do Espaço como sistemas dinâmicos compostos de subsistemas (como, por exemplo, a atmosfera, as

florestas e áreas urbanas, a geosfera, os oceanos, o meio interplanetário, etc.) que interagem diferentes escalas espaciais e temporais. Os resultados são usados em aplicações de monitoramento sistemático dos recursos ambientais com impacto em questões de saúde, desenvolvimento urbano, segurança alimentar e para monitorar impactos e alterações no clima e meio ambiente. Os dados necessários são coletados por sensores de diversos tipos, finalidades e características, desenvolvidos para que os sistemas medidos possam ser entendidos através da aplicação do conhecimento científico. O INPE é, desde sua criação, referência internacional em coleta, análise e distribuição de dados de sensores ambientais e espaciais, e em pesquisa aplicada envolvendo estes dados. Alguns dos exemplos dos dados coletados e/ou analisados pelo INPE são as imagens de sensoriamento remoto obtidas de plataformas como o CBERS (China-Brazil Earth Resources Satellite) ou dados de referência sobre uso e cobertura da Terra obtidos por campanhas em campo como o projeto FOTOTECA (banco de dados geográficos que armazena fotos dos trabalhos de campo feitos pelo INPE e parceiros). O INPE tem ainda laboratórios que coletam, in situ, dados biogeofísicos por instrumentação como o Lablsa – Laboratório de Instrumentação de Sistemas Aquáticos. Dados sobre o Sol e sua influência na Terra também são coletados e disponibilizados pelo projeto Clima Espacial. Outros dados ambientais são coletados por redes de sensores pelo Projeto SINDA.

Usando dados de sensores remotos de observação da Terra juntamente com outros dados de superfície, o INPE produz, através de projetos institucionais ou projetos conjuntos com outras instituições federais, dados de monitoramento ambiental. São exemplos desses dados (1) mapas de desmatamento dos biomas brasileiros produzidos pelos projetos PRODES, DETER e FIP-Cerrado; (2) informações sobre queimadas e risco de fogo produzidos pelo programa Queimadas; (3) estimativas anuais de emissões de gases do efeito estufa por mudanças de cobertura da terra no Brasil; (4) mapeamento do potencial eólico nacional; (5) monitoramento climatologia de descargas atmosféricas e eventos severos.

Dados do Espaço e da Terra são volumosos e diversos, uma vez que são coletados sistematicamente ao longo do tempo por diferentes medidas obtidas por diferentes sensores. Para modelar e analisar esses dados, várias questões devem ser abordadas; incluindo desde a organização e gerenciamento desses dados de maneira integrada (informações de fontes diversas, escalas espaciais e temporais distintas e acesso a dados históricos) até a criação de métodos e ferramentas de análise que permitam o seu uso para resolver questões científicas importantes. Além da análise de dados de sensores da Terra e do Espaço existe também a necessidade de criar, aplicar e avaliar modelos numéricos e computacionais para tentar entender melhor os diversos fenômenos relacionados aos subsistemas da Terra e do Espaço. Dada a complexidade destes sistemas e o conhecimento sobre seu funcionamento é preciso procurar sempre novas técnicas numéricas e de execução dos modelos em tempo aceitável.

O objetivo área temática é formar especialistas e cientistas capazes de criar e aplicar modelos e técnicas computacionais para a análise de dados dos diversos subsistemas da Terra e do Espaço com atividades nas seguintes linhas de pesquisa:

- Geoprocessamento.
- Modelagem de Sistemas Complexos.
- Análise de Dados Espaço-Temporais
- Análise de Dados Sócio-Ambientais.
- Análise de dados do Clima Espacial e de Astronomia e Astrofísica.
- Sistemas Computacionais para Coleta, Armazenamento e Análise de Informações.

#### **4. OBJETIVOS DO PLANO DE INTERNACIONALIZAÇÃO**

Ao longo de seus mais de 50 anos, o INPE adquiriu competências, atualmente reconhecidas nacional e internacionalmente, em atividades de desenvolvimento científico e tecnológico, gerando conhecimentos, produtos, processos e serviços que são difundidos à sociedade. Essas competências têm como base os Programas de Pós-Graduação (PPG) do Instituto, presentes desde a década de 1960, formando especialistas e pesquisadores que contribuem

com a criação de novos núcleos de graduação e pós-graduação no país. Por meio de acordos de cooperação e/ou parcerias em diversos campos de interesse, sejam com instituições nacionais e internacionais, públicas e privadas, todas as atividades do INPE tradicionalmente sempre tiveram algum tipo de internacionalização, tanto no intercâmbio de pesquisadores (docentes) ou de estudantes (discentes), como na forma de colaborações e parcerias em suas mais diferentes formas: projetos de cooperação, publicações conjuntas, cursos e treinamentos, transferência de tecnologias, entre outras. Dessa forma, o objetivo geral desse Projeto consiste em consolidar INPE como uma Instituição com forte internacionalização de suas atividades acadêmicas e também dos desenvolvimentos tecnológicos, ampliando ainda mais as parcerias e colaborações internacionais e a formação acadêmica de recursos humanos de nível internacional para que se cumpra de forma mais abrangente sua missão de produzir ciência e tecnologia nas áreas espacial e do ambiente terrestre e oferecer produtos e serviços singulares em benefício do Brasil seguindo sua visão de ser referência nacional e internacional nas áreas espacial e do ambiente terrestre pela geração de conhecimento e pelo atendimento e antecipação das demandas de desenvolvimento e de qualidade de vida da sociedade brasileira. Como objetivos específicos do projeto de internacionalização proposto, tem-se:

- I. Fomentar a construção, a implementação e a consolidação de um plano estratégico de internacionalização dos Programas de Pós-Graduação do Instituto nas 7 áreas temáticas prioritárias
- II. Manter e ampliar as redes de pesquisas internacionais existentes atualmente no INPE bem como estimular a criação de novas redes com vistas a aprimorar a qualidade da produção acadêmica vinculadas aos seus Programas de Pós-Graduação;
- III. Ampliar as ações de internacionalização nos Programas de Pós-Graduação do INPE, inclusive com o estímulo à construção de projetos de pesquisa em cooperação com Instituições no exterior;
- IV. Manter e ampliar a formação acadêmica de pessoal através da mobilidade de docentes e de discentes, com ênfase em doutorandos, pós-doutorandos e docentes, do Brasil para o exterior e do exterior para o Brasil, vinculados a Programas de Pós-Graduação stricto sensu;
- V. Ampliar e consolidar o INPE como um ambiente internacional;
- VI. Integrar ações diferenciadas de cada Programa de Pós-Graduação ao esforço de internacionalização do INPE como Instituição.

Cada Área Temática, por sua vez, possui seus objetivos específicos:

<b>Astrofísica Instrumental</b>	
<b>Objetivo Específico</b>	<b>Descrição</b>
Desenvolver Instrumentação Astronômica "Estado da Arte"	O desenvolvimento de instrumentação astronômica "Estado da Arte" é um dos objetivos principais. E pretende-se alcançá-lo através das parcerias internacionais com os países citados e participação da indústria nacional. Um bom exemplo é o desenvolvimento de interferômetros laser para a astronomia de ondas gravitacionais. O INPE é a única instituição nacional que participa do desenvolvimento da instrumentação do interferômetro LIGO, que recentemente detectou pela primeira vez as ondas gravitacionais, o que redundou no prêmio Nobel de 2017 e vários outros prêmios.

Formar Recursos Humanos na Área de Instrumentação Astronômica	Este objetivo será cumprido naturalmente, na medida que se formam estudantes e orientamos pós-doutores nos trabalhos relacionados a este tema, principalmente podendo contar com a participação estrangeira nesta formação. Estes recursos humanos certamente poderão no futuro continuar na área ou serem aproveitados pela indústria nacional em outros projetos de alta tecnologia, a exemplo do que ocorre em países do primeiro mundo.
Produzir conhecimento científico em física e astrofísica de fronteira e comunicá-los para a comunidade científica e a sociedade em geral.	Também como consequência da participação nas colaborações de projetos que desenvolvem instrumentação astronômica "Estado da Arte", o conhecimento científico que será obtido deverá estar na fronteira do conhecimento. Publicá-lo nas revistas científicas e divulgá-lo para o público em geral é um dever desta instituição pública.
Fomentar a Participação da Indústria Nacional no Desenvolvimento de Instrumentação de Alta Tecnologia	Na medida que se envolve a indústria nacional no desenvolvimento de instrumentação "Estado da Arte" para a astronomia, promove-se a sua capacitação para o desenvolvimento de instrumentação de alta tecnologia e valor agregado. Partes dos telescópios, radiotelescópios, satélites de raios-X e gama, ou interferômetros laser podem ser eventualmente construídos no país.

<b>Aplicações de Satélites para o Desenvolvimento Sustentável</b>	
<b>Objetivo Específico</b>	<b>Descrição</b>
Fomentar pesquisa e desenvolvimento tecnológico de ponta em observação da Terra por sensores remotos e suas aplicações	Este objetivo visa estabelecer colaborações sólidas entre o programa de pós-graduação do INPE dentro desta temática com parceiros internacionais para transferência de conhecimento técnico e aumento da qualidade da produção científica no nível internacional. O tema foca essencialmente no desenvolvimento de técnicas de monitoramento por satélite e geoprocessamento para recursos naturais, desenvolvimento de tecnologias em processamento de imagens e uso de dados satelitais para monitoramento ambiental e provimento de serviços para sociedade.
Prover excelência na educação de nível superior e capacitação técnica na área de aplicações de satélites para o desenvolvimento sustentável	Formar pesquisadores e profissionais, com reconhecida competência e liderança para atuar em questões nacionais, relacionadas ao desenvolvimento sustentável, alinhadas a iniciativas globais. O objetivo visa formar lideranças científicas para subsidiar ações e criar soluções dentro do cenário nacional com inserção nos fóruns técnicos internacionais. O objetivo contempla tanto a participação de pós-doutorandos (brasileiros e estrangeiros) na pós-graduação, quanto a oportunidade de intercâmbio científico para alunos inseridos neste tema, como também a participação de docentes estrangeiros dentro do tema para a formação dos estudantes.

<p>Comunicar os resultados científicos para sociedade</p>	<p>Este objetivo prevê a disseminação do conhecimento científico tanto em dissertações, teses e artigos científicos que devem estar disponíveis para a sociedade em política de livre acesso. Além disso, preza a comunicação dos resultados para o público em geral através do uso de veículos de amplo alcance como página da web, blogs especializados, jornais e revistas. Na etapa de ampla divulgação torna-se crítico o domínio de línguas estrangeiras, especialmente o inglês.</p>
<p>Promover o estado da arte do conhecimento científico nas áreas do conhecimento alinhadas com as demandas da sociedade Brasileira e internacional</p>	<p>Este objetivo visa priorizar o ensino de questões científicas alinhadas com as atuais demandas referentes a elaboração de soluções técnicas que exigem o entendimento de sistemas ambientais complexos, o domínio do processamento de imagens de satélites, o conhecimento e desenvolvimento de sensores para o monitoramento de alvos específicos e a habilidade de modelar esses sistemas. O objetivo preza a atuação competente das lideranças formadas dentro desta linha temática, auxiliando estrategicamente o Brasil a cumprir suas metas internacionais. Visando o impacto direto das pesquisas na sociedade brasileira e nos países signatários da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, as ações para prevenção e controle do desmatamento e da degradação florestal, a promoção da recuperação florestal e o fomento ao desenvolvimento sustentável. Assim, a transferência do conhecimento científico focará no desenvolvimento e aplicação do Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento nas seguintes áreas:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Agricultura tropical</li> <li>2. Ecossistemas tropicais e ciências ambientais</li> <li>3. Mudanças climáticas e de uso da terra</li> <li>4. Recursos florestais tropicais</li> <li>5. Oceanografia</li> <li>6. Águas interiores</li> <li>7. Geologia e Geomorfologia</li> <li>8. Estudos Urbanos</li> <li>9. Geoprocessamento</li> <li>10. Sensoriamento remoto hiperespectral e espectrorradiometria</li> <li>11. Processamento de imagens de sensoriamento remoto</li> <li>12. Sensores: Ópticos de alta e moderada resolução, LIDAR e RADAR.</li> </ol>

<b>Modelagem e Análise de Dados da Terra e do Espaço</b>	
<b>Objetivo Específico</b>	<b>Descrição</b>
Armazenamento e Processamento de Grandes Volumes de Dados Espaço-Temporais	Realizar pesquisa, desenvolvimento e aplicações de novas técnicas para armazenamento e processamento de dados, em particular para dados de natureza espaço-temporal e que representem variáveis ambientais coletadas através de redes de sensores, satélites ou modelos (climáticos, meteorológicos, astrofísicos, redes complexas, etc.), que frequentemente tem grande volume ou estrutura complexa. Contempla também pesquisa e desenvolvimento de técnicas de processamento de dados em grande volume, como processamento de alto desempenho, distribuído e executado em plataformas mistas como clusters, FPGAs, GPGPUs, etc. Envolve também aplicação de técnicas de desenvolvimento de software robusto para processamento destes dados e de modelagem para armazenamento e recuperação de dados de grande volume e/ou estrutura complexa.
Análise, Modelagem e Mineração de Dados do Espaço e da Terra	Realizar pesquisa e desenvolvimento de novos métodos e algoritmos para extração de conhecimento a partir de dados espaço-temporais como séries temporais climáticas e meteorológicas; imagens de sensoriamento remoto de diversas naturezas, escalas e aplicações; imagens e catálogos de objetos astronômicos; dados espaço-temporais como os obtidos de redes de sensores, trajetórias e mapeamento de eventos; redes complexas de interação entre diversos tipos de agentes; simulações ambientais e cosmológicas, etc. Envolve também a pesquisa sobre os fenômenos ambientais e espaciais e sua relação com computação e modelagem, e a criação e validação de modelos para todos estes tipos de fenômenos e a implementação dos algoritmos correspondentes (de análise e modelagem) de forma eficiente e confiável.
Desenvolvimento de Software Científico para Aplicações Ambientais e Espaciais	Realizar desenvolvimento de software científico específico para aplicações espaciais diversas, envolvendo desde software para processamento de dados espaço-temporais baseados em tecnologias de sistemas de informações geográficas, disponibilização de dados ambientais e do espaço na Web, interoperabilidade entre sistemas de coletas de dados ambientais e espaciais, padrões de modelagem e distribuição de dados de diversas naturezas, modelagem de bancos de dados e sistemas de distribuição de dados; até software para prototipagem de algoritmos de análise e simulação aplicado às áreas de atuação do INPE. Envolve também pesquisa e desenvolvimento de novas metodologias em engenharia de software e testes de software embarcados, para a Web e aplicações científicas.

<b>Missões Espaciais</b>	
<b>Objetivo Específico</b>	<b>Descrição</b>
Gerenciamento de Sistemas Espaciais	Concepção, Especificação, Arquitetura e Gerenciamento de Sistemas Espaciais, Sistemas de Bordo para Missões Espaciais, Sistemas de Solo para Missões Espaciais, Garantias de Missão e de Produto Espaciais, e Modelagem e Simulação de Sistemas Espaciais.
Controle de Atitude e Órbita	Esse objetivo consiste no estudo de diferentes técnicas para o controle e a atitude de um veículo espacial.
Pesquisa em astrodinâmica,	Realizar pesquisas a nível de fronteira mundial em astrodinâmica, Diversos tópicos são considerados, tais como manobras com uso de gravidade, trajetórias em torno de pequenos corpos, etc,
Desenvolvimento de componentes de satélites	Buscar parcerias internacionais para o desenvolvimento de componentes de satélites visando dar maior autonomia as missões espaciais do INPE.
Plataforma nanosatélite	Prover uma plataforma baseada em nanosatélite para monitoração de raios do espaço (RaioSat) para complementar a rede terrestre presente no CCST.
Pesquisas em materiais para uso no espaço	O objetivo desse tema é o estudo diversos tópicos ligados a materiais funcionais para aplicações espaciais, em particular, em satélites artificiais e plataformas orbitais. O principal objetivo é o aumento da vida útil de satélites no espaço e/ou diminuição dos custos destes satélites. Neste sentido há uma colaboração entre duas áreas da Pós-graduação em Engenharia e Tecnologias Espaciais e com instituições de ensino e pesquisas europeias para a pesquisa e desenvolvimento de: i) materiais e dispositivos com alta tolerância à radiações ionizantes e ii) materiais multifuncionais que atuem com atenuadores de radiações ionizantes, de impactos de detritos espaciais e de oscilações térmicas no espaço.
Pesquisa e desenvolvimento de modificações superficiais com materiais micro e nanoestruturados	O objetivo do presente estudo é a pesquisa e o desenvolvimento de modificações superficiais com filmes de materiais micro e nanoestruturados, incluindo filmes finos e espessos de Diamond Like Carbon (DLC) em laboratórios da instituição. Estes materiais, devido a sua alta dureza e atuação como lubrificantes sólidos, deverão ser utilizados para o revestimento de componentes móveis para uso em satélites e plataformas orbitais.
Análise térmica de veículos espaciais	O objetivo é estudar as condições térmicas de um veículo espacial, levando em conta as grandes diferenças de temperatura existentes no espaço.



<b>Mudanças Ambientais Globais</b>	
<b>Objetivo Especifico</b>	<b>Descrição</b>
Diagnósticos e cenários de interações sócio-ambientais	<p>Projetos de colaboração internacional que contribuam para a formulação de diagnósticos e cenários do funcionamento do Sistema Terrestre, considerando aspectos naturais e/ou antrópicos, visando um desenvolvimento nacional sustentável, integrando resultados de atividades de observação e modelagem. Propõe-se promover a transição da lógica de pesquisa tradicional, focada em estudos de impactos socioambientais, para a análise das trajetórias, limites e padrões espaço-temporais sob os quais a estabilidade dos sistemas naturais pode ser sustentada. Esta transição representa um dos maiores desafios à ciência moderna e também um aspecto fundamental para subsidiar a formulação de políticas públicas mais consistentes. Os objetivos específicos são:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>i. Formulação de cenários do funcionamento do Sistema Terrestre, considerando aspectos naturais e/ou antrópicos</li> <li>ii. Análise integrada dos caminhos e das decisões chaves para a conciliação dos três pilares da sustentabilidade.</li> <li>iii. A conscientização da população, considerando que estudos sociológicos e da interface entre a ciência e os processos de políticas públicas indicam que é um elemento importante para uma transição para a sustentabilidade.</li> </ol>
Modelagem do sistema terrestre	<p>Aumentar a capacidade em representar o sistema terrestre em modelos computacionais, abrangendo não somente as dimensões físicas e biológicas, mas também as dimensões humanas. O objetivo geral do tema é a integração de esforços de modelagem existentes com novos projetos internacionais para aprimorar a representação dos processos atmosféricos, biofísicos e socioeconômicos no território brasileiro que contribuam ao melhor entendimento do Sistema Terrestre. Como objetivos específicos, podem ser listados:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>i. Parametrização e desenvolvimento de modelos de diferentes componentes do Sistema Terrestre adequados aos processos observados na América do Sul, principalmente na região tropical, que contribuam ao entendimento e simulação integrada do Sistema Terrestre no passado recente e futuro, que possam contribuir para a construção de cenários.</li> <li>ii. Parametrização e desenvolvimento de modelos que possibilitem a regionalização das projeções advindas de modelos climáticos globais, visando subsidiar pesquisas e projetos integrados que necessitem de cenários climáticos futuros em escala espacial mais detalhada.</li> </ol>

Nexo água-energia-segurança alimentar	Fomentar pesquisas científicas na área de Ciências para a Sustentabilidade tendo como temática central o nexo entre água, energia e segurança alimentar. O objetivo é buscar parcerias e atrair pesquisadores de instituições estrangeiras com interesses em interações entre as várias disciplinas (multi e transdisciplinar) e setores, com vista à solução de problemas decorrentes das mudanças ambientais globais (incluindo-se aqui as mudanças climáticas). Sua gestão requer abordagens inovadoras que possam capacitar a tomada de decisão nas esferas públicas e privadas em favor da sustentabilidade com equidade e bem-estar humano
Redes de observação do sistema terrestre	Fomentar pesquisas e parcerias internacionais para sintetizar bases de dados observacionais confiáveis, com histórico e perspectiva futura que permitam captar os efeitos de mudanças ambientais globais, em diferentes domínios da superfície terrestre, como por exemplo, redes globais de medições de gases de efeito estufa e ciclos biogeoquímicos, caracterização do potencial para produção de energias renováveis e detecção de descargas elétricas atmosféricas.

<b>Heliofísica</b>	
<b>Objetivo Específico</b>	<b>Descrição</b>
Desenvolver e Aprimorar Instrumentação para observações heliofísicas "Estado da Arte"	O INPE tem longa tradição no desenvolvimento de instrumentação, de solo e embarcada (balões e foguetes), para estudos de fenômenos de Ciências Espaciais e Atmosféricas, em particular para observações ionosféricas, de aeroluminescência, de detecção de radiação e partículas cósmicas, de parâmetros atmosféricos e do campo geomagnético. Juntam-se a estes, novos projetos de instrumentação para observações solares, dos cinturões de radiação terrestres e de fenômenos luminosos transientes. Colaborações internacionais são fundamentais para este tipo de atividade. Destacam-se o desenvolvimento do satélite científico EQUARS, liderado pelo INPE, dos programas de cubesats, com forte participação de universidades, do Telescópio Solar do INPE, em colaboração com instituições dos Estados Unidos, Alemanha e Espanha, do radiômetro de banda larga, em colaboração com instituição dos Estados Unidos, da rede LEONA, com previsão de cobertura em toda a América do Sul, da Rede Embrace de Magnetômetros (MagNet), uma rede de equipamentos sensíveis às variações do campo magnético terrestre que cobre 13 regiões da América do Sul, desde o norte do Brasil à patagônia Argentina, a qual atualmente conta com cooperação de diversas instituições na Argentina, Brasil e Chile, de radar de laser e digissondas instalados no INPE em colaboração com instituições chinesas.

<p>Realizar pesquisa de excelência em heliofísica por meio de estudos teóricos, análise de dados e modelagens numérico-computacionais e comunicá-la para a comunidade científica e sociedade em geral</p>	<p>Nas últimas décadas, o INPE atingiu um nível de excelência na realização de pesquisas empíricas e abordagens teóricas sobre fenômenos espaciais e atmosféricos. Destaque para colaborações internacionais para estudos magnetosféricos e do meio interplanetário (Estados Unidos), estudos da física da ionosfera, com a descoberta de fenômenos endêmicos na região equatorial (ex. bolhas de plasma ionosféricas, em colaboração com Estados Unidos, Índia e Peru), estudos sobre as camadas de aeroluminescência atmosféricas (Japão), estudos sobre a física solar (Alemanha), dentre outros. Em paralelo, há uma longa tradição em estudos de modelagem numérica, com desenvolvimento e aprimoramento de modelos ionosféricos, cujas colaborações internacionais foram determinantes (ex. colaboração com Inglaterra para desenvolvimento do modelo SUPIM-INPE). Agregam-se a estes, novas linhas de estudos empíricos sobre cinturões de radiação terrestres com dados das sondas Van Allen (colaboração AEB/INPE-NASA), estudos sobre magnetosferas planetárias e influência de atividade vulcânica na dinâmica magnetosférica de outros planetas e luas do sistema solar (Estados Unidos), dinâmica do campo magnético fotosférico solar (Alemanha), distúrbios solar-interplanetários com observações das novas sondas da NASA e ESA (Estados Unidos e União Europeia), novos enfoques sobre as perturbações magnéticas sobre o território sul-americano, com o implemento da Rede Embrace MagNet. Da mesma forma, estabeleceram-se infraestrutura de computação de alto desempenho (HPC), composto por dois clusters de 240 nós cada um, para as investigações das Ciências Espaciais. Colaborações recentes permitiram a implementação do modelo BATS-R-US de simulação dos fenômenos da física solar-terrestre (Estados Unidos), e de um modelo de vanguarda para a magneto-hidrodinâmica com técnicas adaptativas aprimoradas (Inglaterra). Sobretudo, uma área de modelagens numérico-computacionais em plasmas espaciais e astrofísicos está atualmente em estruturação, envolvendo parcerias com outras áreas do INPE e nacionais e também internacionais (Inglaterra, França e Estados Unidos). O INPE organizou e mantém o Programa de Estudo e Monitoramento Brasileiro do Clima Espacial (EMBRACE), cujos objetivos são as aplicações de ciências espaciais e atmosféricas para a disponibilização de produtos e serviços relacionados ao Clima Espacial para a comunidade. Ele hospeda o Laboratório Conjunto Brasil-China de Clima Espacial (China).</p>
<p>Formar Recursos Humanos na Área de Heliofísica em Nível Internacional</p>	<p>Este objetivo será cumprido naturalmente, na medida em que se formam estudantes e se supervisionam pós-doutores nos trabalhos relacionados a este tema. Estes recursos humanos certamente poderão, no futuro, continuar atuando na área seja em universidades, institutos e empresas e mesmo órgãos do governo. Uma ênfase especial será dada para a atração de participantes estrangeiros em nível de pós-graduação, pós-doutorado e docência, bem como para colaboração em atividades de pesquisa.</p>

<b>Meteorologia Tropical</b>	
<b>Objetivo Especifico</b>	<b>Descrição</b>
Interação Oceano Atmosfera	Estudos observacionais, teóricos e de simulação numérica dos fenômenos interativos entre atmosfera e os oceanos, nas escalas temporais de tempo e clima (sazonal, anual e decadal) e de sua variabilidade; de modelagem oceânica para acoplar com a atmosfera.
Estudos e Modelagem do Clima	Desenvolver estudos: Observacionais e/ou com modelos climáticos e os processos controladores do clima global e mudanças climáticas no Brasil e no mundo.
Interação Biosfera-Atmosfera	Desenvolver estudos micro-meteorológicos dos processos de troca de energia, momentum e vapor d'água e de dióxido de carbono, que ocorrem na interface água-solo-vegetação-atmosfera, cenários futuros possíveis do clima em função do desmatamento.
Estudos e Modelagem do Tempo	Desenvolver estudos de (1) sistemas e fenômenos meteorológicos responsáveis pelo tempo e suas mudanças na escala de horas, dias e semanas;(2) dos processos físicos e dinâmicos pelos quais os sistemas e fenômenos meteorológicos desenvolvem-se e deslocam-se.

## 5. PRINCIPAIS AÇÕES PARA A INTERNACIONALIZAÇÃO

Conforme discutido no item 2, o INPE atualmente possui ampla internacionalização de suas atividades de pesquisa e desenvolvimento tecnológico em diferentes níveis de cada um de seus Programas de Pós-Graduação. Dessa forma, as estratégias e políticas desse Plano consistem fundamentalmente em manter a internacionalização dos PPGs e, conforme disponibilidade de recursos orçamentários de agências de fomento (CAPES, CNPq, FAPESP e agências estrangeiras), ampliar seus projetos de cooperação internacional, envolvendo docentes e discentes de diferentes PPGs e aumentando a rede de colaborações dentro do INPE e fora dele, a nível nacional e, principalmente, internacional.

Com a publicação da Lei nº 13.243, de 11 de janeiro de 2016 e sua posterior regulamentação através do Decreto nº 9283, de 7 de fevereiro de 2018, criou-se no Brasil um Novo Marco Legal de Ciência, Tecnologia e Inovação. Essa legislação e seus dispositivos estabeleceram, além de medidas de incentivo à inovação e à pesquisa científica e tecnológica, novos mecanismos para a internacionalização das Instituições Científicas, Tecnológicas e de Inovação brasileiras (ICT). O INPE, como uma ICT, usará esses mecanismos para promover e fomentar a internacionalização dos seus projetos e programas institucionais bem como dos seus Programas de Pós-Graduação. Particularmente o Art. 18º do Decreto trata especificamente desse assunto ao dispor em seu *caput*: “o poder público manterá mecanismos de fomento, apoio e gestão adequados à internacionalização das ICT públicas, que poderão exercer fora do território nacional atividades relacionadas com ciência, tecnologia e inovação, respeitado o disposto em seu estatuto social ou em norma regimental equivalente, inclusive com a celebração de acordos, convênios, contratos ou outros instrumentos com entidades públicas ou privadas, estrangeiras ou organismos internacionais”. Segundo esse dispositivo, os objetivos da atuação de ICT pública no exterior englobam, entre outros pontos:

- a) desenvolvimento de cooperações internacionais e a interação com organizações e grupos de excelência;
- b) alocação de recursos humanos no exterior, que podem inclusive envolver os docentes de pós-graduação;

- c) participação institucional brasileira em instituições internacionais ou estrangeiras envolvidas na pesquisa e na inovação científica e tecnológica;
- d) compartilhamento de equipamentos, laboratórios e/ou infraestrutura com ICT estrangeiras.

## 1. Estratégias

- a) A fim de consolidar parcerias internacionais existentes, bem como fomentar a criação de novas parcerias e projetos de cooperação, visando o aumento da interação entre o INPE e grupos de pesquisa no exterior, busca-se:
  - i. Ampliar o intercâmbio de discentes e docentes do Instituto com Instituições estrangeiras através da divulgação de chamadas e/ou editais pelo Núcleo de Inovação Tecnológica (NUNIT), o qual tem competência, juntamente com o Conselho Técnico-Científico (CTC) e o Serviço de Relações Internacionais (SCRIN) do Instituto, para identificar potenciais oportunidades de cooperação internacional;
  - ii. Incentivar participação de discentes e docentes nos projetos internacionais em andamento através da oferta de bolsas e/ou recursos para treinamentos, capacitação e participação em eventos;
  - iii. Estimular a formação de novas parcerias através da realização de workshops internacionais para discussão de temas de pesquisa de interesse comum, com ênfase para as Instituições sediadas em países com os quais a CAPES mantém acordos de cooperação;
  - iv. Planejar e desenvolver um sistema integrado de oportunidades de parcerias através de sistema computacional on-line na Internet com a divulgação de chamadas de projetos de interesse do INPE para atração de parceiros internacionais;
- b) Com o objetivo de atrair discentes estrangeiros para o Brasil, o INPE priorizará:
  - i. Criar cursos específicos e/ou oferecer disciplinas nas áreas temáticas prioritárias em língua estrangeira (preferencialmente o Inglês) possibilitando a formação interdisciplinar do aluno e incentivando-a a realizar atividades acadêmicas no INPE;
  - ii. Divulgar as atividades e/ou oportunidades acadêmicas em eventos no exterior, através de anúncio em revistas especializadas, construção de página na Internet e/ou mídias sociais e implementação de um sistema computacional on-line para cadastramento de potenciais candidatos a alunos nos PPGs do INPE;
  - iii. Promover de escolas de verão e inverno com temas relevantes dentro das áreas prioritárias;
  - iv. Publicar dissertações e teses em língua inglesa, ampliando o acesso à produção científica dos Programas de Pós-Graduação do INPE;
  - v. Facilitar o ingresso de discentes estrangeiros nos Programas de Pós-Graduação do INPE através da aceitação dos créditos e/ou pré-requisitos de disciplinas realizadas no exterior;
  - vi. Promover equivalência de disciplinas dos cursos estrangeiros com as disciplinas dos Programas de Pós-Graduação do INPE através de critérios unificados de forma a incentivar que alunos estrangeiros tenham facilidade na realização de atividades acadêmicas no Instituto;
  - vii. Criar ou adaptar disciplinas específicas / estratégias dos Programas de Pós-Graduação para sejam ministradas por docentes / pesquisadores estrangeiros através de aulas a distância ou mesmo presencial, quando o pesquisador estiver em visita ao Instituto;
- c) A fim de atrair docentes e pesquisadores com experiência internacional para períodos de atividades no INPE, serão adotadas as seguintes estratégias:
  - i. Realizar workshops / conferências / congressos ou simpósios internacionais para discussão de temas de pesquisa relevantes para o INPE e de interesse de Instituições estrangeiras, parceiras ou não;
  - ii. Promover de cursos, escolas, treinamentos e capacitações internacionais no INPE, onde os docentes e pesquisadores com experiência internacional serão convidados para integrar essas atividades transferindo seus conhecimentos e experiências aos alunos e docentes dos Programas de Pós-Graduação do Instituto;
  - iii. Planejamento e organização de cursos internacionais no INPE por pesquisadores especialistas em temas de interesse institucional, particularmente aqueles que já

- colaboram com atividades de pesquisa do Instituto nos projetos de cooperação em execução;
- iv. Incentivar docentes e pesquisadores a orientar alunos estrangeiros e incluí-los eventualmente nos projetos de pesquisa os quais coordenam ou participam, possibilitando assim a vinda de co-orientadores estrangeiros para realização de atividades no Brasil no âmbito do projeto e relacionadas com os Programas de Pós-Graduação;
  - v. Realizar, sempre que possível, dentro dos objetivos dos projetos de cooperação internacional, campanhas científicas no Brasil incentivando a participação de pesquisadores estrangeiros com estadas de mais longo prazo no país de forma a se integrem às diferentes atividades científicas do projeto e acadêmicas dos Programas de Pós-Graduação relacionados.
- d) No sentido de preparar os docentes e/ou discentes tanto para o período de atividades no exterior quanto para seu retorno, especialmente visando ampliar a apropriação do conhecimento e experiência pelo INPE, pretende-se:
- i. Promover sempre que possível, dentro das disponibilidades orçamentárias, cursos de idiomas, com enfoque na língua inglesa, para discentes do INPE;
  - ii. Incentivar que docentes e discentes tenham proficiência em idiomas estrangeiros, especialmente a língua inglesa, através da realização dos testes de língua estrangeira disponíveis no país, como TOEFL, IELTS, entre outros;
  - iii. Criar oportunidades e estabelecer critérios específicos para que docentes e/ou discentes recém-titulados no exterior façam pós-doutoramento no Brasil, dando continuidade às suas atividades de pesquisa;
  - iv. Promover, no âmbito de cada projeto de cooperação internacional e de cada Programa de Pós-Graduação do Instituto, a troca de informações científicas através do estímulo à produção conjunta de documentação especializada, às co-orientações de trabalhos de Dissertações de Mestrado e/ou Teses de Doutorado e às publicações científicas e/ou técnico-científicas em periódicos com revisão por pares;
  - v. Estimular docentes com vínculo permanente no INPE a realizar estágios de curta (3 a 6 meses) e/ou média duração (1 a 2 anos) no exterior para que, no retorno, fixem os conhecimentos adquiridos através da criação de novas disciplinas (em língua estrangeira), realização de cursos e/ou palestras e da orientação de novos alunos;
- e) Como estratégias inovadoras visando a internacionalização, busca-se:
- i. Promover e ampliar a interação dos diferentes PPGs do INPE na construção de projetos de cooperação internacional e atração de docentes e discentes estrangeiros
  - ii. Integrar disciplinas das diferentes áreas temáticas, oferecendo-as em língua estrangeira
  - iii. Elencar e priorizar temas de pesquisa com forte potencial cooperação internacional com base em todo o histórico e experiência do INPE em suas atividades na grande área de Ciências, Tecnologias e Aplicações Espaciais;
  - iv. Prever cursos de idiomas no Plano Anual de Capacitação do INPE para servidores e técnicos
  - v. Criação de ambientes internacionais onde incentiva-se as discussões, diálogos e interações em língua estrangeira e em língua portuguesa para alunos estrangeiros, apoio a aluno estrangeiros;
  - vi. Viabilizar e incentivar a cotutela e a dupla titulação nos Programas de Pós-Graduação do INPE de forma a obter programas bilaterais;

## 2. Políticas e Ações

Quanto aos projetos de cooperação e/ou parcerias internacionais:

- a) A escolha de parceiros estrangeiros deverá ser feita no sentido de consolidar o amplo leque de cooperações internacionais já existentes no INPE, cujas atividades tenham reconhecidamente resultados relevantes no que se refere à produção de conhecimento científico de ponta, formação de pesquisadores e/ou especialistas, intercâmbio de docentes e discentes estrangeiros e o desenvolvimento tecnológico, gerando novos produtos e serviços para a sociedade. Atualmente, grande parte das parcerias internacionais

existentes no INPE já ocorrem com Instituições estrangeiras em países com os quais a CAPES mantém cooperação efetiva.

- b) A escolha de parceiros estrangeiros para novos projetos deve ampliar as cooperações internacionais do INPE, ou seja, as atividades acadêmicas que envolvem intercâmbios entre países, transferências de tecnologia entre grupos de pesquisas e formação de pessoal com perfil internacional, dando prioridade às Instituições de países com os quais a CAPES mantém cooperação efetiva, desde que possuam atividades afins.
- c) A seleção interna de ações específicas e beneficiários levará em conta, fundamentalmente:
  - i. a transparência na divulgação das oportunidades de financiamento, com ampla divulgação dos editais aos públicos-alvo nos principais meios de comunicação do INPE, principalmente através de páginas na Internet com versões em português e inglês;
  - ii. a definição e detalhamento de critérios de mérito para seleção, que incluem análise de currículo, qualidade da produção acadêmica do ponto de vista técnico e de fator de impacto, desempenho acadêmico do candidato, com ênfase em atividades internacionais;
  - iii. o eventual aproveitamento de notas e/ou conceitos de exames internacionais para ingresso nos programas e/ou projetos de cooperação através da criação de uma tabela de atribuição de pesos que enfatizam o desempenho acadêmico do candidato com boas notas e/ou conceitos em exames internacionais;
  - iv. a inclusão, no caso de bolsas, dos critérios de inelegibilidade de candidatos de acordo com os instrumentos normativos da CAPES e do INPE;
  - v. as exigências quanto à proficiência em idiomas conforme requisitos mínimos por modalidade exigidos pela CAPES;
  - vi. o direito à interposição de recurso administrativo e resposta aos recursos interpostos por candidatos não aprovados;
  - vii. o atendimento às disposições do Decreto 7.203/2010 e da Súmula Vinculante Nº 13/STF, dispositivos jurídicos que tratam da prática de nepotismo no setor público;
- d) Quanto à seleção de projetos de pesquisa com cooperação internacional, está exigirá dos proponentes:
  - i. apresentação de plano de aplicação de recursos;
  - ii. plano de atividades, detalhando os objetivos e ações que enfatizem o caráter inovador da proposta bem como suas atividades internacionais;
  - iii. comprovação da contrapartida de infraestrutura, de pessoal e financeira da Instituição ou equipe de pesquisa estrangeira envolvida no projeto;
  - iv. previsão de atividades que serão beneficiadas por intercâmbios de pesquisadores e alunos entre as Instituições (mobilidade acadêmica), com ênfase em palestras, cursos, capacitações, estágios e/ou trabalhos de campo conjuntos;
  - v. produção técnico-científica conjunta que garanta a manutenção dos conhecimentos científicos adquiridos nas atividades do projeto no INPE;
  - vi. estratégias para transferência de conhecimentos para o INPE através de mestrado e doutorado com co-orientação ou cotutela, execução de projetos de pós-doutoramentos e/ou realização de capacitações no INPE.

Quanto aos recursos humanos:

- a) Sempre que houver disponibilidade orçamentária e autorização dos Órgãos competentes, na eventual realização de concursos para provimento de cargos na Instituição, serão incluídos nos respectivos Editais para contratação de pesquisadores, os critérios de análise de mérito que levem em consideração a experiência internacional do candidato, enfatizando as atividades acadêmicas realizadas no exterior através de participação / coordenação de projetos de cooperação internacional, produção técnico-científica conjunta com grupos estrangeiros, orientação ou co-orientação de alunos estrangeiros e participação em cursos, workshops, capacitações no exterior.
- b) No caso de atividades temporárias previstas nos projetos de cooperação em andamento, a concessão de bolsas para pesquisadores levará em consideração, em seus critérios de mérito, o nível de internacionalização do candidato.

- c) A seleção de pesquisadores visitantes para realização de atividades específicas no INPE será baseada na produção científica e na experiência internacional as quais tenham relação direta com os interesses dos projetos em execução, visando assim ampliar os ambientes de pesquisa internacionais do Instituto através de máxima interação com os pesquisadores (docentes) e alunos dos Programas de Pós-Graduação;

Quanto às atividades acadêmicas:

- a) Reconhecer as atividades acadêmicas e científicas realizadas por docentes e discentes no exterior com base nas seguintes medidas:
- i. possibilitar a equivalência de ementa e horas/aula das disciplinas e/ou atividades acadêmicas realizadas pelo aluno em outros Programas de Pós-Graduação no exterior, desde que aprovada pelo respectivo Conselho de Curso;
  - ii. estabelecer critérios de equivalência específicos das disciplinas cursadas pelo aluno na Instituição estrangeira de forma a atender as exigências e o interesse acadêmico dos Programas de Pós-Graduação;
  - iii. reconhecer, como créditos de estudos orientados, as atividades realizadas pelos discentes em estágios no exterior;
  - iv. aproveitar como créditos válidos no histórico escolar do aluno, sua participação em cursos, palestras, seminários ou disciplinas isoladas em Instituições estrangeiras, desde que reconhecidas oficialmente pela Instituição como atividades acadêmicas e/ou científicas;
  - v. incentivar a participação de docentes em eventos e/ou treinamentos no exterior para posterior incorporação dos novos conhecimentos adquiridos nas ementas das disciplinas dos Programas de Pós-Graduação do INPE.
- b) Incentivar o desenvolvimento de atividades acadêmicas de Doutorado em regime de cotutela com outras instituições (dupla titulação) conforme previsto nos Art. 38, 39 e 40 do Regimento Geral dos Programas de Pós-Graduação do INPE observando-se a legislação vigente e as recomendações institucionais;
- c) Apropriar todo conhecimento e experiência adquiridos no exterior pelos beneficiários das ações de internacionalização com base nas seguintes diretrizes:
- i. verificar o atendimento a todas as normas estabelecidas na Portaria CAPES No. 186 de 29/09/2017;
  - ii. efetivar publicações técnico-científica (artigos em periódicos revisados por pares, preferencialmente com alta classificação QUALIS, ou relatórios técnicos de atividades) em conjunto com docentes, pesquisadores e/ou discentes do PPG da Instituição, ou no período do estágio no exterior ou na ocasião de seu retorno ao País;
  - iii. integrar o beneficiário em projetos de cooperação atualmente existentes ou propor novos projetos de cooperação na área de pesquisa relacionada com suas atividades no exterior;
  - iv. incentivar sua participação do recém-doutor, o qual foi beneficiário do Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior (PDSE), nos Programas Nacionais de Pós-Doutorado (PNPD) a fim de que sua experiência internacional seja internalizada nas atividades acadêmicas do PPG;
  - v. incentivar a orientação de novos alunos ou co-orientação de alunos já matriculados na área de pesquisa que foi tema de suas atividades no exterior, propondo temas inovadores de pesquisa;
  - vi. promover mini-cursos, aulas especiais em disciplinas do Curso, seminários, workshops e mesas redondas visando incentivar novos estudos e ampliação dos conhecimentos na área de pesquisa relacionada ao tema desenvolvido pelo beneficiário no exterior;
- d) Aumentar a proficiência em línguas estrangeiras nos PPGs do INPE através das seguintes medidas:
- i. incluir cursos de idiomas no Programa Institucional de Capacitação do INPE, com o objetivo de, periodicamente e dentro das possibilidades orçamentárias, oferecer capacitação de discentes, docentes e corpo técnico em línguas estrangeiras, principalmente a língua inglesa;



- ii. exigir a proficiência em língua inglesa como critério nos processos de seleção para ingresso de alunos brasileiros e estrangeiros nos Programas de Pós-Graduação do Instituto e para candidatos aos programas nacionais de fomento do INPE com vistas à internacionalização;
  - iii. incentivar que discentes, docentes e membros do corpo técnico do Instituto façam cursos de idiomas em níveis mais avançados em escolas especializadas com custos reduzidos em função da formalização de convênios e/ou parcerias;
  - iv. priorizar a seleção de discentes, brasileiros e estrangeiros, que tenham realizado exames internacionais de idiomas no Brasil ou no exterior através do aproveitamento dos conceitos obtidos nesses exames como diferencial nos indicadores de mérito;
  - v. priorizar a seleção de projetos de cooperação internacional cuja equipe de proponentes possua proficiência de idiomas, incluindo esse quesito como diferencial nos indicadores de mérito.
- e) Realizar escolas de verão / inverno anuais como parte das atividades acadêmicas dos Programas de Pós-Graduação do INPE com o objetivo de:
- i. consolidar ambientes internacionais dentro do Instituto, onde haja maior interação social e acadêmica entre brasileiros e estrangeiros;
  - ii. atrair discentes, docentes e pesquisadores estrangeiros para se integrarem às atividades de cada PPG e, eventualmente, identificarem potenciais oportunidades de cooperação futura;
  - iii. incentivar a participação de discentes, docentes e pesquisadores brasileiros às atividades de internacionalização, ampliando assim o acesso às oportunidades e benefícios oferecidos pelo Projeto;
  - iv. aproveitar o conteúdo acadêmico das escolas como créditos em disciplinas específicas do PPG organizador, seja como estudos orientados, seja como seminários;
  - v. propiciar experiência internacional aos discentes, docentes e pesquisadores participantes que, posteriormente, servirá como diferencial nos indicadores de mérito dos processos de seleção de beneficiários e/ou projetos de cooperação no âmbito da internacionalização;
  - vi. fomentar a co-orientação e/ou cotutela de alunos brasileiros por docentes estrangeiros e/ou alunos estrangeiros por docentes brasileiros em projetos de pesquisa relacionados com o(s) tema(s) das escolas.
- f) Incentivar a participação, principalmente de discentes, em eventos no exterior com o objetivo:
- i. ampliar a visibilidade de seus projetos de pesquisa;
  - ii. consolidar sua proficiência em língua estrangeira;
  - iii. incentivar interações com outros grupos de pesquisas estrangeiros que trabalham em áreas correlatas no intuito de fomentar potenciais parcerias futuras, como publicações técnico-científicas conjuntas, co-orientações, realização de estágios e idealização de projetos de cooperação;
- g) Atualizar a estrutura curricular e a programação de atividades acadêmicas dos Programas de Pós-Graduação do INPE para atenderem aos objetivos da Internacionalização conforme a seguir:
- i. oferecer grades curriculares de disciplinas obrigatórias e eletivas em língua estrangeira, fundamentalmente língua inglesa, em todos os PPGs;
  - ii. possibilitar que, nas entrevistas ad-hoc, em função da área temática em que o projeto de pesquisa do discente está inserido, sua carga horária curricular contenha disciplinas de qualquer PPG que componha aquela respectiva área temática, promovendo assim a interdisciplinaridade de temas;
  - iii. permitir que atividades realizadas pelos discentes em estágios no exterior sejam incorporadas como créditos de estudos orientados em seu histórico escolar;
  - iv. permitir que a participação do discente em cursos, palestras, seminários, escolas de verão / inverno ou disciplinas isoladas em Instituições estrangeiras, desde que reconhecidas oficialmente pela Instituição como atividades acadêmicas e/ou científicas válidas, sejam aproveitadas como créditos ou atividades acadêmicas em seu histórico escolar, podendo inclusive serem utilizadas como método de avaliação;

- v. incentivar a participação de docentes em eventos e/ou treinamentos no exterior para posterior incorporação dos novos temas nas ementas das disciplinas dos Programas de Pós-Graduação da área temática correlata;
- vi. organizar e disponibilizar on-line materiais didáticos de apoio às disciplinas (na forma de livro-texto ou video-aulas), documentos técnico-científicos, dissertações, teses e artigos científicos em língua estrangeira para consulta aos discentes das áreas temáticas;
- vii. incluir cursos de idiomas estrangeiros como atividades acadêmicas no histórico escolar do discente;
- viii. incentivar a escrita, defesa e publicação de dissertações e teses em língua estrangeira;
- ix. regulamentar as normas de editoração para as dissertações e teses em língua estrangeira, em particular os formatos baseados em artigos científicos publicados em revistas com revisão por pares;
- x. estabelecer uma carga horária curricular mínima em língua estrangeira em todas as áreas temáticas previstas no Projeto de Internacionalização, que inclui não apenas disciplinas, mas outras atividades acadêmicas como participação em eventos, palestras, seminários, escolas de verão / inverno, cursos de nível internacional realizados no Brasil ou no exterior.

Quanto ao apoio aos visitantes estrangeiros:

- a) Criar o Programa de Apoio ao Visitante Estrangeiro (PAVE), o qual terá como diretrizes básicas:
  - i. instituir uma Comissão de Apoio ao Visitante Estrangeiro (CAVE), a qual será composta por discentes e, ao menos, um docente dos PPG, com mandato de 2 anos com possibilidade de recondução, cuja principal atribuição é coordenar todas as atividades previstas no PAVE;
  - ii. nomear um docente, pesquisador ou discente como tutor do respectivo docente, pesquisador ou discente estrangeiro durante o período inicial de até 60 dias;
  - iii. implementar na primeira semana da chegada do visitante atividades específicas de adaptação, envolvendo inclusive a Coordenação do PPG, no sentido de ambientar o visitante estrangeiro à cultura, costumes sociais, idioma, dando-lhe apoio na sua chegada e instalação no Brasil;
  - iv. criar um material de orientação padrão para os visitantes estrangeiros que será entregue na semana de adaptação contendo diversas informações do país, entre elas sua legislação básica, costumes, cultura, gastronomia, idioma, meios de locomoção, hospedagem, opções para alimentação;
  - v. promover atividades como palestras, seminários de curta duração, encontros, reuniões visando a integração dos visitantes estrangeiros às atividades acadêmicas do PPG, inclusive no que diz respeito aos regulamentos e diretrizes do PPG e da Instituição;

Quanto ao gerenciamento dos projetos institucionais de internacionalização:

- a) Criar ações específicas que visem garantir o bom andamento das atividades previstas no Projeto Institucional de Internacionalização, maximizando atingir os objetivos previstos e executar corretamente todo o orçamento:
  - i. engajar o Grupo Gestor do projeto com toda a comunidade científica do Instituto através de reuniões periódicas semestrais envolvendo os Coordenadores de Área e Acadêmicos, nas quais serão apresentados os objetivos do Projeto, benefícios, oportunidades, regras e resultados parciais obtidos desde sua implementação, atualizando as informações sempre que houver avanços no progresso das atividades, alterações na legislação vigente, remanejamento orçamentários, priorização e reavaliação de atividades cuja evolução dos resultados não esteja satisfatória, abertura de novas oportunidades de projetos de cooperação;
  - ii. estabelecer orientações detalhadas (através de informativos específicos e formulários específicos) para acesso aos benefícios previstos no Projeto conforme as políticas de seleção de beneficiários e projetos de cooperação internacional, as quais preveem a

- transparência da divulgação das oportunidades, estabelecem critérios claros e objetivos de seleção, baseados no mérito acadêmico/científico do projeto e/ou dos proponentes, estabelecem o alinhamento das oportunidades com as Áreas Temáticas priorizadas no Projeto Institucional e promovem a ampla divulgação dos resultados dos processos seletivos, com amplo acesso ao recurso administrativo;
- iii. implementação de sistemas computacionais on-line para divulgação de todas as atividades do Projeto Institucional, incluindo as chamadas para as oportunidades de financiamento, divulgação de eventos acadêmicos/científicos promovidos no âmbito do Projeto de Internacionalização, publicação das Atas das reuniões do Grupo Gestor e suas deliberações, convocações para eventos administrativos, divulgação de notícias relacionadas através de informativos periódicos, divulgação das avaliações das metas e da execução do Projeto, entre outros;
  - iv. criação de material técnico de divulgação contendo os principais objetivos do Projeto, suas oportunidades de financiamento, metas, regulamentos, entre outros;
  - v. avaliar a adequação dos Regimentos dos PPGs do Instituto de forma a incentivar a participação dos PPGs nas atividades do Projeto de Internacionalização, criando novos mecanismos regulamentares para ampliar o acesso à internacionalização dos discentes e docentes.
- b) Criar um Comitê de Avaliação da Internacionalização (CAI) independente, de caráter consultivo, para avaliação dos resultados do Projeto Institucional, o qual será composto por membros internos e externos do INPE, na proporção aproximada de até 50%, caso haja disponibilidade suficiente de especialistas externos interessados em ingressar o CAI. Suas principais atribuições serão:
- i. garantir a transparência do processo de acompanhamento e avaliação interna das metas e da execução do Projeto de Internacionalização
  - ii. aplicar as métricas de avaliação do Projeto de Internacionalização definidas pelo Grupo Gestor a partir das informações fornecidas no diagnóstico institucional, das ações previstas no projeto, das metas estabelecidas para cada ano e do orçamento alocado;
  - iii. realizar reuniões anuais para avaliação de todas as atividades realizadas e resultados alcançados no último ano a partir dos relatórios técnicos produzidos pelo Grupo Gestor do Projeto;
  - iv. emitir um parecer de avaliação das metas e da execução do Projeto, resumando todas as atividades que efetivamente levaram a resultados relevantes do ponto de vista da internacionalização institucional, correlacionando-as com a execução financeira do Projeto a fim de se verificar a relação custo / benefício de cada ação;
  - v. recomendar ao Grupo Gestor eventuais revisões das metas e/ou ações do Projeto, além de possíveis remanejamento de recursos, focando nas atividades de maior impacto e/ou que estejam produzindo resultados relevantes e/ou incentivando atividades que ainda não estejam produzindo resultados satisfatórios, com o objetivo fundamental de se obter a máxima eficiência na execução do Projeto;
- c) Conciliar os programas nacionais de fomento ao esforço de internacionalização através das seguintes ações:
- i. incentivar os discentes e/ou docentes dos Programas de Pós-Graduação do INPE, que são beneficiários de recursos dos programas nacionais, como PROAP, DS, PROEX, PNPd, DINTER, PVNS, PAEP, às atividades internacionalização conforme as políticas de gerenciamento e operacionalização do Projeto Institucional descritas anteriormente, visando com isso o engajamento de beneficiários dos programas nacionais com os recursos internacionais;
  - ii. priorizar acesso aos programas nacionais de discentes, docentes e pesquisadores que já possuam experiência internacional ou que estejam envolvidos em atividades internacionais seja pelo Projeto Institucional, seja através de Instituições parceiras;
  - iii. promover a capacitação dos beneficiários dos programas nacionais para a internacionalização, divulgando as oportunidades disponíveis e fomentando a realização de novos projetos de cooperação internacional e/ou organização de atividades acadêmicas/científicas internacionais;
  - iv. atrair pesquisadores estrangeiros para o Brasil através de oportunidades PNPd;