

Universidade de São Paulo - USP
Núcleo de Apoio à Pesquisa em Radioastronomia - NARA

Programa de atividades 2021 – 2025

Profa. Dra. Fatima Salete Correra (Coordenadora, Poli/USP)

Profa. Dra. Jane Gregório-Hetem (Vice-coordenadora, IAG/USP)

Sumário

| | |
|--|----|
| 1) Projeto de pesquisa..... | 3 |
| a) Justificativa demonstrando relevância do tema | 3 |
| b) Cronograma de execução..... | 8 |
| c) Fontes de financiamento previstas..... | 9 |
| d) Resultados e impactos esperados..... | 9 |
| e) Atividades de internacionalização..... | 10 |
| 2. Outras atividades previstas | 11 |
| a) Cursos e eventos | 11 |
| b) Divulgação e disseminação das informações científicas e tecnológicas..... | 12 |
| c) Outros..... | 12 |

1) Projeto de pesquisa

a) Justificativa demonstrando relevância do tema

O núcleo pretende continuar atuando para dar um forte impulso no desenvolvimento da Radioastronomia no país. A radioastronomia é parte indispensável da astronomia e da astrofísica. Em muitos aspectos ondas rádio constituem uma ferramenta até melhor que a luz visível. A luz visível é bloqueada por nuvens e poeira na atmosfera da Terra e em muitas regiões da Galáxia e do Universo em geral. As observações em rádio podem ser conduzidas tanto durante o dia quanto à noite, e conseguem detectar o gás e os objetos mais distantes do Universo, não observados com a luz visível. O mais correto, no entanto, é dizer que as faixas do visível e de rádio são complementares para revelar a natureza e a física dos objetos celestes, ambas sendo indispensáveis.

O NARA terá à sua disposição, nos próximos anos, o radiotelescópio LLAMA (*Large Latin American Millimeter Array*). O LLAMA será, por enquanto, com a APEX (*Atacama Pathfinder Experiment telescope*), um dos poucos radiotelescópios operando em frequências Terahertz ($> 0,1$ Thz) no Hemisfério Sul, incluindo o Telescópio Polo Sul de 10 m. Embora o rádio interferômetro mais importante do mundo, o ALMA (*Atacama Large Millimeter/submillimeter Array*), esteja no deserto do Atacama, no Chile, no Sul, o ALMA e o LLAMA são diferentes e complementares nas formas de explorar o Universo. O céu do sul é praticamente inexplorado nas frequências Terahertz. Muitos objetos importantes e interessantes estão situados neste Hemisfério, como a galáxia mais próxima, a Nuvem de Magalhães, e uma grande parte do disco de nossa Galáxia, incluindo o Centro Galáctico (esta região também pode ser observada no Hemisfério Norte, mas em melhores condições do Sul).

a.1) O primeiro objetivo é o desenvolvimento científico, em diversas subáreas da Astrofísica que passamos a enumerar:

- **Astroquímica.** A radioastronomia é a melhor ferramenta para investigar as moléculas existentes em diversos ambientes da Galáxia e do Universo. Existe uma grande quantidade de espécies moleculares detectadas nas frequências terahertz (entre 0,1 e 1 THz) que o radiotelescópio LLAMA será capaz de observar. Enquanto muitas moléculas estão identificadas, existe também grande número de linhas nos espectros que são claramente devidas a algum tipo de molécula, mas que não conseguimos ainda identificar. O trabalho de identificar moléculas é em si um objeto de competição internacional, que reúne esforços multidisciplinares, como trabalhos teóricos em mecânica quântica, e experiências de laboratório. Temos no Brasil grupos de pesquisa atuando nestas áreas (teórica, experimental e observacional), formando um ambiente propício para o avanço da ciência. Por exemplo o workshop internacional ALLAM2019 (Astrochemistry LLAMA meeting) organizado no IAG em agosto de 2019, contou com cerca de 60 participantes dessas diversas áreas. Um

aspecto importante do estudo de moléculas é o estudo da origem da vida (como, a partir de moléculas simples, construir a complexidade molecular, até chegar, por exemplo a moléculas de DNA). Naquele workshop o Prof. Marcos Buckeridge, diretor do IB-USP, trouxe discussão interessante sobre as características de moléculas que poderiam dar origem à vida.

As moléculas, além do interesse em sua identificação, são ferramentas de grande valor para deduzir as condições físicas do meio em que se encontram. Por exemplo, observando-se uma série de linhas correspondentes a níveis distintos de energia de excitação de uma mesma molécula, conseguimos verificar como a intensidade da linha cai em função da energia de excitação, e assim deduzir com precisão a temperatura da nuvem. É possível determinar a opacidade da nuvem e sua densidade através da observação de diversos isótopos de uma mesma espécie molecular.

Essa riqueza de informação nos permite estudar objetos tais como nuvens interestelares moleculares densas, nuvens difusas, envoltórios de estrelas do ramo assintótico das gigantes (AGBs), nebulosas planetárias etc.

- **Formação Estelar.** O nascimento de estrelas é um fenômeno que ocorre constantemente em nossa Galáxia como em outras galáxias espirais, que tem um papel importante no contexto da evolução estelar mesmo para a evolução do universo. A taxa de formação estrelas é aparentemente determinada por estruturas maiores tais como braços espirais, e em escala de dimensões menores, por filamentos. Às vezes a formação estelar é induzida pela compressão do gás interestelar por ventos oriundos de geração anterior de formação estelar.

O nascimento de uma estrela se dá por colapso gravitacional de uma região densa de uma nuvem molecular. Esse colapso, geralmente, não é esfericamente simétrico, e a conservação do momento angular dá origem a um disco proto-planetário, e fenômenos magnéticos dão origem a jatos com direção perpendicular ao disco. A evolução de discos proto-planetários dá origem aos sistemas planetários, como o sistema solar. Por essa conexão entende-se o interesse do estudo da formação estelar para a procura de planetas habitáveis.

Note-se que para estudos com foco em discos proto-planetários a resolução angular do radiotelescópio LLAMA pode não ser suficiente, e observações com o grande interferômetro ALMA são mais úteis. Realizar observações com o ALMA também faz parte dos planos do NARA, e já temos exemplos de sucesso de membros do NARA em obter tempo de observação no ALMA; esta é uma tendência que é desejável encorajar e facilitar.

- **Processos físicos associados a jatos de núcleos ativos de galáxias e quasares.**

Um grupo de pesquisadores pretende observar quasares, blazares e núcleos de galáxias Seyfert, e investigar suas variabilidades (por exemplo, Beaklini et al., 2019). Esses objetos são AGNs (Núcleos Ativos Galácticos) de alta luminosidade que também são brilhantes nos comprimentos de onda de rádio. Alguns deles, VVOs (Violent Variable Objects) e objetos BL Lacs, apresentam uma intensa variabilidade em todos os comprimentos de onda em que são observados: rádio, infravermelho, óptico, UV, raio-X e gama. Na faixa sub-milimétrica, as campanhas de monitoramento são raras; o LLAMA fornecerá informações cruciais para compreender os processos físicos que ocorrem nessas fontes (Stevens et al. 1998).

- **Física Solar.** Outro campo de pesquisa será a astronomia solar. A antena LLAMA é especialmente projetada para poder apontar para o Sol, pois a energia visível e infravermelha será espalhada pela superfície despolida do prato (área coletora da antena) e não se concentrará no refletor secundário, o que poderia danificá-lo. Este tratamento de superfície não é típico em radiotelescópios para ondas milimétricas. Além disso, em uma última etapa do desenvolvimento dos instrumentos do LLAMA, será instalado um espelho dicróico no sistema “óptico” de transmissão de radiação até os receptores, que permitirá a observação com dois receptores simultaneamente (um em cada cabine Nasmyth). Isso permitirá determinar as diferenças de fase dos picos do tipo explosão solar em diferentes frequências e medir a dureza espectral da aceleração das partículas. Mapear todo o disco solar em potência total será extremamente valioso para a análise da estrutura da cromosfera em temperatura. Mapeamento rápido de regiões ativas durante a emissão transitória contribuirá para a compreensão do transporte de energia nos níveis inferiores da atmosfera solar.

a.2) Desenvolvimento de tecnologia de radiofrequências associada a radioastronomia

- Holografia. Encontra-se em desenvolvimento na Escola Politécnica. Um sistema de holografia que será usado para o ajuste dos painéis do refletor da antena LLAMA. Trata-se de um desafio tecnológico importante para o qual contamos com a colaboração do NRAO (laboratório nacional de radioastronomia dos EUA);
- Tecnologia de frequências intermediárias (0 a 20GHz). Desenvolvimento de back-ends Down converters, amplificadores de FI. Eventualmente, receptores para antenas de telecomunicações reconvertidas para radioastronomia e atendimento de outros grupos;
- Tecnologia de frequências terahertz (0.1 a 1 THz) - receptor de banda 6 e de banda 2+3. O receptor dito de banda 6 (está sendo desenvolvido na Holanda, Groningen no laboratório NOVA, um dos melhores do mundo para as frequências terahertz. Temos intercâmbio duradouro com este laboratório, no qual uma estudante de doutoramento do IAG se encontra atualmente em programa de dupla titulação O receptor de banda 2+3 será desenvolvido no Chile (Universidad de Chile) dentro de um programa de colaboração recentemente aprovado.

a.3) Desenvolvimento de VLBI (Very Long Base Interferometry)

As atividades de VLBI apresentam conexão tanto com a parte científica quanto tecnológica, mas optamos por descrevê-la em destaque separadamente dos itens anteriores, devido a sua grande importância na colaboração internacional. O objetivo principal é, através do LLAMA, fazer parte do EHT (Even Horizon Telescope), que é formado por uma rede com uma dezena de radiotelescópios globalmente distribuídos, buscando constituir uma área coletora do tamanho da Terra, e que operam de forma sincronizada para observar rádio-fontes associadas com buracos negros.

Membros do NARA também trabalham com dados interferométricos obtidos com o ALMA, tanto através de propostas originais quanto da exploração do *data archive* daquele observatório.

a.4) Comissionamento do radiotelescópio do Projeto LLAMA

A experiência de alguns membros do NARA com a instalação de um radiotelescópio solar (SST) em El Leoncito, Argentina, e com o desenvolvimento dos sistemas de rastreamento e aquisição de dados dos radiotelescópios do Radio Observatório Pierre Kaufmann (ROPK) e SST, permitirão sua participação no comissionamento do LLAMA.

As tarefas mais importantes, em ordem de execução são:

- Holografia, destinada a melhorar a precisão da superfície do radiotelescópio. Para tal, o transmissor está sendo desenvolvido pela Escola Politécnica da USP. O Dr. Pedro P. Beaklini realizou dois estágios no IRAM, em Grenoble, França, onde se familiarizou com esta técnica e participou do comissionamento de uma das antenas do interferômetro.
- Apontamento: os membros do NARA têm experiência com o apontamento dos telescópios do ROPK e SST, utilizando fontes de rádio. O apontamento com estrelas nos comprimentos de onda ópticos será o primeiro passo para a determinação das constantes de apontamento (que corrigem a posição do feixe da antena no céu, de modo que a fonte a ser observada coincida com o centro do mesmo). Uma vez determinadas as constantes, e com os receptores já instalados, será feito um ajuste fino no valor das constantes de apontamento, através de observações de fontes de rádio.
- Medidas da opacidade atmosférica: o conhecimento correto da opacidade atmosférica é crucial para a obtenção de uma medida confiável da energia emitida pelos objetos astronômicos estudados. Existem vários métodos

utilizados por distintos observatórios para calcular a opacidade, mas não existe consenso com relação a qual fornece os melhores resultados. Durante o comissionamento realizaremos observações contínuas desta quantidade, para tentar estabelecer não só qual é o método mais efetivo, mas também para determinar o comportamento das variações da opacidade em escalas de minutos, horas dias e meses.

a.5) O Rádio Observatório Pierre Kaufmann (ROPK)

Como mencionado no relatório, o radiotelescópio do ROPK (antigo Rádio Observatório do Itapetinga, ROI), começou a funcionar novamente em 2019, após uma interrupção de mais de 4 anos, mas as atividades voltaram a ser interrompidas por causa da pandemia. Neste momento estão sendo trocados os motores de rastreamento e o sistema de controle analógico antigo por um digital. Isso requererá a adaptação do software, que ficará a cargo de membros do NARA, que foram responsáveis por seu desenvolvimento original.

Com relação a receptores, antes da interrupção do funcionamento do radiotelescópio em 2014, estavam sendo preparados para instalação dois novos receptores de contínuo, nas frequências de 22 e 43 GHz, adquiridos com fundos do NARA, para operar simultaneamente. Estes receptores serão instalados assim que a troca dos motores seja finalizada. Sua utilização requererá mudanças no sistema de aquisição de dados, que também foi desenvolvido por membros do NARA.

Existe também a intenção de substituir o “back end” do receptor de contínuo, tarefa que será possivelmente desenvolvida pelos membros da Escola Politécnica da USP.

Outro sistema que deverá ser implementado envolve as observações espectroscópicas, com a substituição do espectrógrafo acusto-óptico, por outro a ser desenvolvido pela equipe técnica do NARA.

a.6). Iniciativa VLBI Ibero Americana - IVIA

Foi realizada em março de 2019 uma reunião sobre VLBI regional no México, “Regional VLBI Workshop 2019”, <https://star.herts.ac.uk/regvlbi/>, na qual foi aprovada uma resolução dos países latino-americanos de constituir uma rede de radiotelescópios cobrindo todo o continente, para fazer observações de VLBI, o IVIA (Iniciativa de VLBI Ibero-Americana, <http://ivia-net.org/>). Os radiotelescópios já existem e estão disponíveis. Eles eram usados para telecomunicações, mas ficaram em desuso depois da instalação de cabos submarinos com fibras ópticas. O IVIA pretende ser um projeto de colaboração internacional que tenha grande impacto regional e hoje inclui 12 instituições promotoras distribuídas em países ibero-americanos, além do Joint Institute for VLBI (JIVE), instituição europeia com sede nos países baixos.

No Brasil, a melhor antena para participar deste projeto, em bom estado, se encontra em Tanguá, a 60 km ao Norte do Rio, e é administrada pela empresa StarOne. Durante os últimos anos, membros do NARA. Como participante brasileiro na reunião que inaugurou a iniciativa, o então coordenador do NARA assumiu o compromisso de levar adiante sua parte da tarefa. É necessário estabelecer um consórcio multi-institucional no Rio de Janeiro, para juntar um grupo de radio astrônomos dispostos a gastar uma parcela de tempo neste projeto. O custo é muito baixo, para um resultado de grande repercussão. Num primeiro momento os participantes de cada país fariam observações “single-dish” para observar, por exemplo, radio fontes no contínuo, ou masers de metanol. Para essa tarefa podemos prestar assistência às iniciativas individuais. Num segundo tempo nos preocuparíamos em adquirir um relógio atômico para o VLBI. Mas nessas alturas o grupo estaria em condições de levantar esses recursos, inclusive com apoio internacional. Estamos no momento angariando apoios em instituições do Rio de Janeiro e localizando radioastrônomo ou engenheiros dispostos a se envolver. A lista de participantes do NARA externos à USP já inclui vários voluntários.

b) Cronograma de execução

As principais atividades previstas para os próximos anos podem ser resumidas nos seguintes itens:

- 1) Desenvolvimento dos sistemas de holografia e telescópio óptico para o LLAMA;
- 2) Integração dos sistemas de holografia e telescópio óptico no radiotelescópio;
- 3) Desenvolvimento do NACOS;
- 4) Instalação do NACOS no LLAMA;
- 5) Realização de medidas holográficas;
- 6) Realização de medidas com o telescópio óptico;
- 7) Desenvolvimento de equipamentos para o back-end dos receptores;
- 8) Instalação do front e back-end no LLAMA;
- 9) Elaboração do modelo de apontamento do LLAMA;
- 10) Comissionamento do LLAMA;
- 11) Operações do LLAMA
- 12) Integração e testes dos receptores de 22 e 43 GHz no ROPK;
- 13) Elaboração do modelo de apontamento para a antena do ROPK;
- 14) Reinício das operações de ciência no ROPK;
- 15) Visitas técnicas a Morungaba e Tanguá para definição final da antena a ser inserida no IVIA;
- 16) Levantamento das reformas necessárias para a antena do IVIA;
- 17) Realização das reformas na antena;
- 18) Desenvolvimento do receptor para antena do IVIA;
- 19) Elaboração do modelo de apontamento para a antena do IVIA;
- 20) Início das operações da antena do IVIA como single dish;
- 21) Publicação de artigos científicos em revistas arbitradas e proceedings de eventos.

As atividades estão planejadas para execução durante 10 semestres, conforme o cronograma a seguir.

| | 2o sem. 2021 | 1o sem. 2022 | 2o sem. 2022 | 1o sem. 2023 | 2o sem. 2023 | 1o sem. 2024 | 2o sem. 2024 | 1o sem. 2025 | 2o sem. 2025 | 1o sem. 2026 |
|----|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1 | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | | |

c) Fontes de financiamento previstas

FAPESP: Será feito um novo pedido de Projeto Temático para as próximas fases de desenvolvimento do LLAMA, incluindo aquisição de equipamento, bolsas de doutoramento e pós doutoramento. Também está previsto um pedido para a retomada de atividades de pesquisa do ROPK;

CNPq: submeteremos projetos sempre que chamadas aparecerem, viáveis para nossa área. Atualmente temos um projeto da 1ª. chamada BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China, África do Sul) em andamento e um projeto Universal (2018). Foi enviada uma proposta para o Edital Universal 2021 para as fases iniciais do IVIA no Brasil;

MinCyT (Argentina): trata-se do financiamento da contrapartida argentina para o projeto LLAMA;

NOVA (Groningen, Holanda): este laboratório está financiando em boa parte o desenvolvimento do receptor de banda 6;

Fondecyt (Chile): Desenvolvimento de receptor de banda 2+3;

Aucani+ consulado francês: solicitação de financiamento para visita de pesquisador francês.

d) Resultados e impactos esperados

Produção científica. Esperamos manter o nível de publicação de bom número de artigos científicos. No passado, foi comum apresentar nos relatórios dezenas de publicações por ano, somando as contribuições de todos os membros do NARA. Acreditamos que esta taxa de publicações aumentará assim que alguns instrumentos serão efetivamente concluídos e testados, resultando em artigos por exemplo nos eventos da SPIE, e assim que resultados observacionais do radiotelescópio LLAMA começarem a se tornar disponíveis, resultando em artigos em revistas científicas da área de Astronomia, como ApJ, MNRAS, A&A. Resultados de maior impacto poderão ser publicados na revista Nature

Transferência de tecnologia. Nosso contacto estreito com laboratórios de alto nível do exterior tem nos possibilitado absorver tecnologia de ondas milimétricas não disponíveis no país. Devemos ressaltar que nesses contactos nos colocamos como co-desenvolvedores, e não como simples compradores.

Exemplos são o desenvolvimento de um sistema de holografia, sendo parte do sistema um receptor emprestado pelo NRAO (EUA), os receptores de banda 9, 5, e agora 6 (em andamento) que envolveram estágios de técnicos e engenheiros nossos no laboratório NOVA de Groningen, e o desenvolvimento de uma corneta (horn), e agora um receptor de banda 2+3 junto com o laboratório de frequências terahertz do Observatório de Cerro Calan (Santiago, Chile), que também envolveu visitas de técnicos nossos. Esses esforços terão continuidade e expansão durante os próximos anos do NARA, e representam a firme entrada do Brasil nas frequências terahertz.

Na área de computação está havendo transferência de tecnologia, através do forte contacto entre o projeto ALMA e o grupo de computação LLAMA, sendo que o ALMA cedeu seu programa de controle de antenas ACS (Alma Common Software) e nosso grupo está desenvolvendo rotinas que serão úteis para os usuários internacionais do ACS

Assim que estivermos em condição de participar de observações de VLBI, todo o grupo participante do projeto EHT (Event Horizon Telescope) e os pesquisadores do NARA envolvidos nessa área aumentarão consideravelmente o número de colaborações internacionais, pois as publicações são conjuntas dos observatórios participantes. Nessa área, a transferência de tecnologia deve ocorrer

e) Atividades de internacionalização

O projeto LLAMA nasceu internacionalizado, pois é um projeto bi-nacional entre Brasil e Argentina. No entanto, as atividades de desenvolvimento tecnológico abarcam uma rede muito mais ampla de países, como os EUA (NRAO), Holanda (NOVA), Chile (Universidad de Chile; Universidad de Concepción), Japão (NAOJ) e Suécia (OSO), além dos países do BRICS e o ESO.

O IVIA, por sua vez, também é internacionalizado por definição. As instituições participantes incluem, além da Universidade de São Paulo, o Instituto de Radioastronomía y Astrofísica da Universidad Nacional Autónoma de México; Centro de Investigaciones Espaciales, Universidad de Costa Rica, Observatorio Astronómico de Córdoba, Argentina; Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Universidad Nacional del Centro del Perú; Universidad ECCL, Bogotá, Colombia; Oficina Regional Andina de Astronomía para el Desarrollo, Bogotá, Colombia; Ministerio de Industria, Energía y Minería, Uruguay; Observatorio Astronómico de Quito de la Escuela Politécnica Nacional, Ecuador: Ericson López; Instituto Geográfico Nacional, Ministerio de Fomento, España; Instituto de Telecomunicações, Aveiro, Portugal; e o Joint Institute for VLBI ERIC, com a sede na Holanda.

Além das relações para desenvolvimento de instrumentação astronômica e transferência de tecnologia, nos próximos anos daremos continuidade às várias colaborações internacionais para a realização das pesquisas dos membros do NARA. Um exemplo são as visitas frequentes de Dr. Bertrand Lefloch, astroquímico do observatório de Grenoble (França), um recente acordo para dupla titulação de doutorado com a Universidade de Groningen e colaborações diversas com pesquisadores da Europa, EUA e América Latina que viabilizam a obtenção de tempo de observação em observatórios como o ALMA.

f) Palavras-chave (até cinco)

Radio astronomia; instrumentação radio astronômica; VLBI; Astroquímica; Nuvens moleculares.

2. Outras atividades previstas

a) Cursos e eventos

O Nara irá se empenhar na atração e formação de novos profissionais para a radio astronomia e, neste sentido, alguns cursos estão em planejamento.

- Curso online de introdução à radioastronomia;
- Curso (online ou presencial) introdutório sobre receptores e antenas;
- Curso de processamento de dados radioastronômicos (versão online e presencial hands-on).
- Formatação de um curso de radioastronomia que possa ser oferecido a graduações em física, astronomia e engenharia eletrônica de todo o país no formato de disciplina condensada ou minicurso (online ou presencial).

Para o público especializado, esperamos dar continuidade à promoção de eventos, em particular:

- Uma nova edição do Workshop de Astroquímica;

- Uma nova edição do LLAMA Science Workshop.
- Reunião sobre desenvolvimento de instrumentos de detecção entre as frequências submilimétricas e centimétricas.

b) Divulgação e disseminação das informações científicas e tecnológicas

- 1) A página do NARA encontra-se desatualizada. Deste modo, a criação de um novo portal para o núcleo é uma prioridade. Pretendemos destacar o desenvolvimento tecnológico associado à pesquisa básica em radioastronomia.
- 2) Além de sua página oficial (<https://www.llamaobservatory.org/>), o observatório LLAMA está presente nas seguintes redes sociais:
 - Twitter: https://twitter.com/LLAMA_Obs;
 - Instagram: <https://www.instagram.com/llamaobservatory/>;
 - YouTube: <https://www.youtube.com/channel/UCe-vACyor7YyXwlj7KvcB2Q>;
 - Facebook: <https://www.facebook.com/llamaobservatory/>.

Nos próximos anos pretendemos continuar avançando no estabelecimento de relações com diferentes públicos através destes canais.

- 3) Programa de visitação pública ao ROPK.
- 4) Elaboração de elementos para um estande básico a ser montado em eventos públicos (painéis, impressão 3D de antenas e instrumentos, vídeos).
- 5) Elaboração de folders a serem distribuído em eventos, cursos e reuniões com gestores públicos.

c) Outros

O NARA pretende atuar no sentido de constituir um conjunto de conhecimentos e ferramentas relacionadas ao gerenciamento de projetos e engenharia de sistemas que possa ser compartilhando entre todos os projetos e pesquisadores envolvidos. Estes temas, que perpassam a organização de documentos, por exemplo, estão relacionados à resolução de algumas das dificuldades enfrentadas pelos projetos ligados ao núcleo nos anos anteriores.