



Large
Latin
America
Millimeter/submillimeter
Array

LLAMA News
Junho de 2021 - nº 3

Boletim informativo do empreendimento binacional Argentina-Brasil para o desenvolvimento de um novo rádio observatório em Salta, a 4.850 metros de altitude.

Nesta edição:

**Avaliação do
LLAMA por um
Comitê Externo**

**INVAP se junta ao
projeto LLAMA**

**Noticias do
desenvolvimento
instrumental**

**Ciclo de
Seminários
LLAMA-IAFE 2021**



Ministerio de Ciencia,
Tecnología e Innovación
Argentina



www.llamaobservatory.org

Apresentação

Com esta publicação estamos retomando a série de newsletters do rádio observatório LLAMA, cujas edições anteriores foram disponibilizadas em 2016 e 2017. Tendo em vista o longo intervalo, iniciamos esta nova edição com uma visão geral do projeto para introduzi-lo sobretudo às gerações mais recentes de estudantes de pós-graduação e pós-doutorandos.

Na sequência, descrevemos acontecimentos mais recentes a partir da avaliação do projeto por um painel internacional, por iniciativa do Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MinCyT, Argentina). Alguns desdobramentos, como a incorporação da INVAP à colaboração, são apresentados juntamente com o estado atual de alguns dos subsistemas que estão sendo desenvolvidos para levar o LLAMA à sua primeira luz.

Essa edição finaliza com a apresentação e convite para o ciclo de Seminários LLAMA-IAFE 2021, que ocorrerá mensalmente, de forma virtual, a partir de junho deste ano, com a expectativa de ampla participação das comunidades científicas da Argentina e Brasil.

Boa leitura!

Grupo de Ciência da colaboração LLAMA.

Colaboração LLAMA

Financiamento principal

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP, Brasil)
Ministerio de la Ciencia Tecnología y Innovación (MinCyT, Argentina)

Principais instituições participantes

Argentina: IAR, IAFE, CNEA, INVAP; Brasil: USP, Mackenzie, INPE

Comitê Diretor (em maio de 2021)

Argentina: Alberto Etchegoyen (ITeDa); Carlos Valotto (OAC); Manuel Fernández-López (IAR); Sergio Parón (IAFE); Silvina Cichowolski (IAFE);

Brasil: Jacques Lépine (IAG/USP - Director); Zulema Abraham (IAG/USP); Elisabete Dal Pino (IAG/USP); Carola Dobrigkeit (UNICAMP); Guillermo Giménez de Castro (UPM); José Roberto Marcondes Cesar Jr. (FAPESP).

Grupo de Ciência (em maio de 2021)

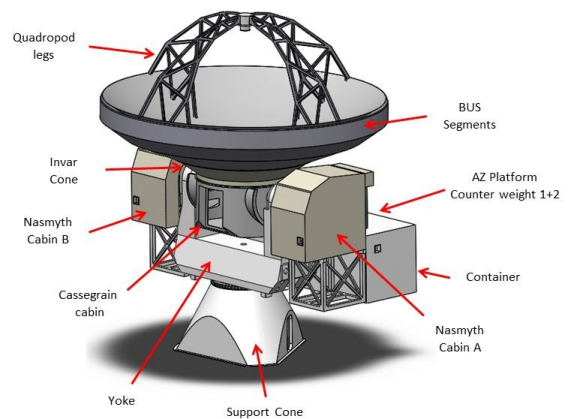
Carlos Valotto (OAC, Argentina); César Strauss (INPE/MCTI, Brazil); Danilo Zanella (IAG/USP, Brasil); Germán Cristiani (IAFE, Argentina); Guillermo Gimenez de Castro (CRAAM/UPM, Brasil); Joaquim E.R. Costa (INPE/MCTI, Brasil); Jacques Lépine (IAG/USP, Brasil); Juan José Larrarte (IAR, Argentina); Laura Suad (IAFE, Argentina); Manuel Fernández-López (IAR, Argentina) - chair; Nicolas Duronea (IALP, Argentina); Silvina Cichowolski (IAFE, Argentina); Tânia Dominici (MAST/MCTI, Brasil); Zulema Abraham (IAG/USP, Brasil).

Visão geral do LLAMA

Um passo efetivo para a materialização da ideia de construir e operar um radiotelescópio por meio de uma colaboração entre a Argentina e o Brasil foi a iniciativa do Dr. Félix Mirabel (IAFE/Argentina) de propor, na década de 2000, uma busca por sítios ideais no noroeste da Argentina, onde seria possível contar com valores de opacidade similares aos sítios chilenos que abrigam os observatórios APEX e ALMA. Depois de seis anos de trabalho foi selecionado Alto Chorrillos, um sítio a 4850m de altitude em Salta.

A mobilização entre pesquisadores da Argentina e do Brasil para viabilizar o observatório teve início em 2007. Em 2010, o projeto do já denominado LLAMA (Large Latin American Millimeter/submillimeter Array) foi apresentado ao MinCyT (Argentina), que no ano seguinte declarou que este seria prioridade entre os projetos de instrumentação astronômica no país. Paralelamente, pesquisadores do Brasil obtiveram financiamento para aquisição da antena com recursos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP, Processo nº: 11/51676-9), em proposta coordenada por Jacques Lépine (IAG/USP). Em 2014 foi firmado convênio entre o MinCyT (Argentina), FAPESP e Universidade de São Paulo (Brasil).

O radiotelescópio tem como base o mesmo desenho das antenas fabricadas pela companhia alemã VERTEX AntennenTechnik GmbH para o ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array). Com 12 metros de diâmetro, a antena terá foco Cassegrain e duas cabines Nasmyth (semelhantes às do APEX - Atacama Pathfinder Experiment), oferecendo assim a possibilidade de receber uma ampla variedade de instrumentos periféricos. Depois de montada, e no momento da aceitação para início da fase de comissionamento e verificação de ciência, a superfície da antena deverá ter uma precisão rms de 25 μm , sendo a precisão de apontamento esperada de ao menos 2 segundos de arco.



Visão geral da antena do LLAMA com a indicação de alguns de seus principais componentes.

Inicialmente, o LLAMA será equipado com receptores como os do ALMA e, em particular, das chamadas bandas 5 (157 - 212 GHz) e 9 (602 - 720 GHz), instalados em um criostato adquirido do National Astronomical Observatory of Japan (NAOJ). O front-end dos receptores, principalmente os cartuchos, foram adquiridos e desenvolvidos graças à contribuição do Netherlands Research School for Astronomy, Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk (NOVA, NWO; Holanda), Onsala Space Observatory (OSO, Suécia) e National Radio Astronomy Observatory (EUA). O sistema opto-elétrico-mecânico para levar a radiação do foco primário da antena para as diferentes cabines e receptores, chamado NAsmyth Cabin Optical System (NACOS), é um desenvolvimento original da colaboração LLAMA.

A antena já foi fabricada e encontra-se desmontada no sítio, aguardando a finalização de obras de infraestrutura e, em particular, as obras civis para a execução da base da antena. Considerando os extensos e diversos impactos da pandemia, o cronograma atual prevê que a montagem da antena ocorrerá durante 2022 e as atividades de comissionamento e verificação de ciência serão iniciadas a partir de 2023.

Avaliação do LLAMA por um Comitê Externo

No primeiro semestre de 2020, o MinCyT solicitou a um comitê externo uma avaliação sobre o desenvolvimento do LLAMA. O comitê foi composto por Matias Zaldarriaga (Princeton, EUA - coordenador do painel), Gabriela Gonzalez (Louisiana State University - LIGO Collaboration, EUA), Hugo Loffler (INVAP, Argentina), Lars Nyman (APEX, Chile), Rodrigo Reeves (Universidad de Concepción, Chile) e Thijs de Graauw (ALMA). Após um processo que incluiu a análise de documentação e uma série de reuniões, o painel de avaliação apresentou um documento final em agosto de 2020.

Entre outros pontos, o comitê apontou a necessidade imediata de desenvolver um plano de segurança para acesso ao sítio e salvaguarda do equipamento. Foi recomendada a reorganização da estrutura do projeto, assim como o desenvolvimento de estratégias a longo prazo para ampliar a comunidade de usuários nos comprimentos de onda milimétricos/submilimétricos tanto na Argentina quanto no Brasil. Alguns dos esforços realizados no sentido de acolher as recomendações do comitê já se refletem nas notícias divulgadas através da presente publicação.



O sítio do LLAMA com os componentes da antena desmontada.



Trabalho de alinhamento óptico do NACOS nas instalações da ALFA Engenharia.



Desenvolvimento do transmissor holográfico durante testes de bancada na Poli/USP.

INVAP se junta à colaboração LLAMA

Como consequência da avaliação externa do projeto, o governo da Argentina convidou a INVAP para participar da empreitada. A INVAP (<https://www.invap.com.ar/>) é uma empresa estatal da Argentina com sede em Bariloche, dedicada ao projeto, construção e integração de usinas, equipamentos e dispositivos em áreas de alta complexidade, como energia nuclear, tecnologia espacial, tecnologia industrial e equipamentos médicos e científicos.

A empresa está atuando no LLAMA desde novembro de 2020 e em processo de firmar um contrato com o MinCyT, cujo escopo será o desenvolvimento necessário para levar o LLAMA até a chamada primeira luz. Deste modo, a INVAP deverá atuar no desenvolvimento da infraestrutura do sítio (fornecimento de energia, comunicação, obras civis) e na montagem da antena e seus testes iniciais de apontamento, de acordo com procedimentos estabelecidos em conjunto com a VERTEX. Também é esperada a colaboração para integração dos receptores. O objetivo é chegar ao estágio de obter observações calibradas de fontes radio na forma espectral (linhas moleculares) e de do contínuo. A previsão é que o contrato MinCyT - INVAP seja assinado entre junho e julho de 2021.

A INVAP já realizou visitas ao sítio do LLAMA, estabeleceu relações com a VERTEX e está em crescente contato com a equipe binacional que tem ativamente trabalhado pela criação do observatório ao longo dos últimos anos.

Neste momento estão sendo identificadas as empresas que possuem equipe capacitada para realizar as obras nas condições ambientais singulares do sítio, sobretudo as altas altitudes e baixa umidade relativa do ar.

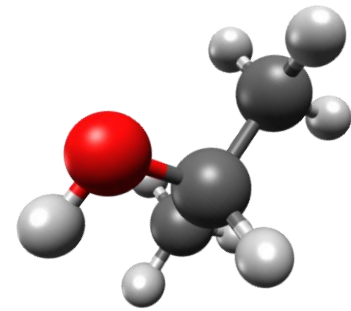
Além disso, a INVAP também está iniciando trabalho conjunto com a Dirección de Asuntos Satelitales (DAS) da Subsecretaría de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. A DAS é responsável pelo manejo do espectro eletromagnético na Argentina para interferências em radiofrequências (RFI) e trabalhará junto a INVAP para o levantamento dos requerimentos visando a criação de uma Radio Quiet Zone (RQZ) seguindo as recomendações e resoluções da International Telecommunications Union (ITU/ONU). Este é um passo importante para proporcionar à região de Alto Chorrillos e arredores a preservação de suas qualidades ambientais que a caracterizam como um local promissor para a instalação de grandes projetos astronômicos.



Sede da INVAP em Bariloche. Crédito da imagem: site institucional.

Atividades do Grupo de Ciência

O LLAMA recompôs o seu Integrated Product Team (IPT) de Ciência - o "Grupo de Ciência". Composto por astrônomos e engenheiros da Argentina e do Brasil, o grupo vem se reunindo semanalmente desde outubro de 2020. O objetivo é implementar uma visão coerente e mutuamente acordada sobre como usar as instalações. O restabelecimento do grupo também atende às recomendações feitas pelo painel de avaliação internacional convocado pelo MinCyT.



Entre as responsabilidades do grupo de ciência está a elaboração de um documento com os requerimentos de ciência, desenvolver planos de operações, propor políticas de distribuição de tempo, incentivar a formação de recursos humanos para a radioastronomia nos dois países, desenvolver e gerenciar as estratégias de comunicação pública do LLAMA. O IPT de ciência se organiza em grupos de trabalho menores dedicados ao desenvolvimento de tarefas e de documentos específicos que, posteriormente, são amplamente discutidos e aperfeiçoados com toda a equipe.

É importante ressaltar que o IPT de ciência tem trabalhado não apenas no contexto da primeira luz e do escopo do convênio atualmente vigente entre entidades argentinas e brasileiras, mas sim com uma visão de mais longo prazo visando constituir o LLAMA como um observatório competitivo, na fronteira do desenvolvimento científico e tecnológico para a observação do Universo nos comprimentos de onda milimétricos/submilimétricos. Entre os resultados da atuação do grupo estão a reativação deste newsletter e a série de seminários LLAMA-IAFE 2021, apresentada também nessa edição.

Chegada do novo Yoke Traverse

Em 2018, durante o transporte da antena do porto de Zárate (Argentina) até o sítio do LLAMA em Salta, um dos caminhões sofreu um acidente no qual foi danificado o chamado Yoke Traverse da antena (<https://bitly.com/7zmSY>).

Tendo em conta a avaliação da própria VERTEX sobre a extensão dos danos, foi decidido que uma nova peça seria construída na Alemanha para substituição, com os custos devidamente cobertos pelo seguro que havia sido contratado pelos parceiros argentinos para a operação de transporte.

O novo Yoke Traverse foi produzido e chegou a Zárate no começo de maio de 2020. Apesar das dificuldades adicionais por conta da situação de pandemia, a complexa operação de transporte da peça para o sítio foi finalizada com sucesso em 26 de maio. Agora, com todas as partes reunidas, a expectativa é que a montagem da antena ocorra a partir do início de 2022, após a conclusão das obras de construção da base de concreto, atividades que serão realizadas sob a organização da INVAP.



O novo Yoke Traverse durante o desembarque no porto de Zárate (Argentina) em maio de 2020.

Desenvolvimento do NACOS

O sistema opto-eléctrico-mecânico responsável por guiar a luz do foco primário da antena para as diferentes cabines e receptores no LLAMA constitui o NAsmyth Cabin Optical System (NACOS). Apesar da antena do LLAMA possuir a cabine Cassegrain e duas Nasmyth, para a primeira luz foi planejada a ocupação apenas da chamada cabine Nasmyth B, levando em conta sobretudo a previsão de que apenas dois dos seis receptores planejados estão garantidos para o início das operações (bandas 5 e 9).

O projeto do subsistema foi elaborado por Jacob Kooi (JPL, EUA; desenhos óptico e mecânico); Fernando Santoro (Astro-EME, EUA; desenho mecânico); Emiliano Rasztocky (IAR, desenhos óptico e mecânico) e Carlos Fermino (e-Fe - Tecnologias Industriais, Brasil, desenhos mecânico e elétrico). O NACOS também abriga o sistema de braços robóticos com três cargas de calibração que, por sua vez, são um desenvolvimento da Universidade de Concepción (Chile), sob a liderança de Rodrigo Reeves.

O NACOS é subdividido em duas partes: o CASS, estrutura mecânica para a cabine Cassegrain, que suportará as cargas de calibração e um sistema de espelhos para direcionar a luz para a cabine em operação. A estrutura mecânica nas cabines Nasmyth (NASS) comportará o criostato onde serão instalados até três receptores resfriados a 4 K (-269 graus Celsius), montados na forma de cartuchos intercambiáveis.

A usinagem do NACOS foi realizada na ALFA Engenharia (Araraquara, SP, Brasil), sendo que a integração, incluindo alinhamento óptico e automação, continuam sendo feitos nas dependências da empresa e com suporte de sua equipe.



No topo: Visão geral do projeto mecânico do NACOS. Embaixo: NASS e CASS, componentes do NACOS, em processo de integração e alinhamento óptico nas dependências da ALFA Engenharia (Araraquara, Brasil).

Três fases de integração e testes já foram concluídas até o momento, sendo que a quarta foi adiada por conta da pandemia. Na missão que está pendente está prevista a instalação e testes do sistema de movimentação das cargas de calibração, assim como os testes das próprias cargas. Assim que as condições sanitárias permitirem o trabalho seguro de toda a equipe, a quarta etapa será realizada.

Enquanto isso, está sendo dada a continuidade ao desenvolvimento do projeto do NACOS visando futuramente popular as duas cabines Nasmyth com mais receptores e adequar a cabine Cassegrain para receber novos instrumentos. O trabalho, liderado por Emiliano Rasztocky (IAR), deve implicar em pequenas adequações da parte já usinada para a primeira luz, otimizando assim o uso do tempo antes de que o equipamento seja enviado para a Argentina para sua instalação definitiva.

Estado do desenvolvimento dos receptores

Os cartuchos dos receptores tipo ALMA de banda 5 e 9 (157 - 212 GHz; 602 - 720 GHz), assim como o criostato que os abrigará, encontram-se prontos na Holanda após trabalho de desenvolvimento e testes em conjunto de profissionais do NOVA (Holanda) com engenheiros da Poli/USP; IAR e IAG/USP. Estes itens, que constituem o front-end dos receptores, serão enviados para a Argentina no momento propício para a integração com a etapa de processamento analógico e digital dos sinais de frequência intermediária (4-12 GHz). Por sua vez, algumas partes do back-end já foram adquiridas (espectrômetro, por exemplo) e existem protótipos de alguns módulos cujo nível de desenvolvimento atual já é adequado para a primeira luz do LLAMA. Soluções para operações que permitam explorar plenamente o potencial científico dos receptores estão em desenvolvimento neste momento. Em particular, nos últimos meses houve um avanço significativo no desenvolvimento de um novo processador/conversor para Frequência Intermediária (FI down converter) pela Poli/USP, sob a liderança de Fátima Correra.

Além disso, existem perspectivas da disponibilização de um receptor de banda 6, através de uma nova colaboração com o NOVA e com os países do BRICS. Em conjunto com pesquisadores da Universidade do Chile e do Chinese Academy of Science South America Center for Astronomy (CASSACA, Instituição chinesa com sede na Universidade do Chile), estão sendo iniciados esforços para o desenvolvimento de um receptor de banda 2+3, sob a liderança de Ricardo Finger (Universidade do Chile).

Os receptores nas faixas de frequência das bandas 2+3 e 6 (67 - 116 GHz; 211 - 275 GHz) são fundamentais para uma futura participação do LLAMA em experimentos de VLBI.

Sistema de Holografia

A holografia é a técnica utilizada para alinhar os 264 painéis de alumínio que compõem o disco da antena. No caso do LLAMA será aplicada a aproximação de campo próximo (near-field), na qual um transmissor é posicionado no topo de uma torre (a uma altura total de cerca de 60 metros), a aproximadamente 360 metros de distância do radiotelescópio. A antena será entregue pela VERTEX com precisão da superfície do prato de 25 μm rms e o objetivo do trabalho com o sistema de holografia é aprimorá-la e mantê-la entre 15 e 20 μm rms.

Para as medidas, um receptor solicitado como empréstimo ao NRAO será instalado na posição do subreflector da antena. O receptor para a holografia tem duas cornetas para entrada da radiação, porém em lados opostos: uma corneta recebe a radiação incidente diretamente do transmissor, e a outra recebe a radiação emitida pelo transmissor e refletida pelo disco da antena. A qualidade da superfície do disco é inferida comparando a diferença de fase da radiação incidente nas duas cornetas.

O transmissor em 104,2 GHz está sendo desenvolvido e construído por engenheiros da Escola Politécnica da USP (Brasil), sob a liderança de Fátima Correra. O equipamento contará com estabilização térmica, monitoramento e controle à distância, com link de fibra ótica com a sala de controle da antena e será alojado em uma caixa própria para proteção contra intempéries.

Um ponto chave é a corneta do transmissor que, por conta de seus requerimentos rígidos, exigiu um trabalho de desenvolvimento específico em colaboração com a Universidade do Chile e o NOVA (Holanda). Neste momento, a corneta já foi usinada e passa por caracterização e testes na Holanda.

Ciclo de seminários LLAMA-IAFE 2021

Por iniciativa do Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE, Argentina), em 2021 estamos dando início a uma série de encontros mensais para apresentar e discutir projetos científicos relacionados ao LLAMA. O objetivo dos encontros será familiarizar as comunidades astronômicas da Argentina e do Brasil com todo o potencial do LLAMA, de modo a incentivar a articulação de projetos científicos para o novo radio observatório.

Os seminários acontecerão na primeira sexta-feira do mês, com início em 04/06, às 10:00h e com a seguinte estrutura geral:

- Palestra sobre temas diretamente relacionados ao desenvolvimento do LLAMA - 40 minutos;
- Discussão - 10 minutos;
- Intervalo - 15 minutos;
- Palestra com relatos de pesquisas em Radioastronomia - 20 minutos;
- Palestra com tema geral (com foco em astronomia observacional) - 20 minutos;
- Discussão e encerramento - 10 minutos.

Convidamos a toda/os para o seminário de abertura do ciclo, que acontecerá em 4 de junho de 2021. A participação online nos seminários será realizada através da plataforma Zoom. O link e as instruções de acesso serão amplamente divulgados com antecedência.



Ciclo de Seminarios LLAMA - IAFE 2021

4 de Junio de 2021 - Desde las 10:00 hs (GMT-3)

10:00 hs: **Félix Mirabel** (IAFE, Buenos Aires, Argentina)
The origin of project LLAMA

11:00 hs: **Zulema Abraham** (IAG; Universidade de São Paulo, Brasil)
Eta Carinae : a perfect target for LLAMA

11:30 hs: **Lydia Cidale** (FCAGLP, La Plata, Argentina)
Dust and gaseous environments around massive stars

Programa completo del Ciclo e información de acceso en:
<https://www.llamaobservatory.org/seminars2021/>

Image Credits: ESO/APEX/T. Preibisch et al. (Edmillimeter); N. Smith/University of Minnesota/NOAO/AURA/NSF (Optical)

A programação atualizada para todo o ciclo de seminários pode ser acompanhada em:

<https://www.llamaobservatory.org/seminars2021/>

Comissão organizadora: Silvina Cichowolski (IAFE, Argentina) - scicho@iafe.uba.ar; Carlos Valotto (OAC, Argentina); Germán Cristiani (IAFE, Argentina); Laura Suad (IAFE, Argentina) y Nicolás Duronea (IALP, Argentina).

Recomendações de leitura

Deixamos aqui a sugestão de um artigo que trata de temas de interesse da comunidade científica para o desenvolvimento e uso futuro do LLAMA.

Interrelations Between Astrochemistry and Galactic Dynamics

Mendoza E., Duronea N., Ronsó D., Corazza L.C., van der Tak F., Paron S. and Nyman L.-Å. (2021). Interrelations Between Astrochemistry and Galactic Dynamics. *Front. Astron. Space Sci.* 8:655450.

<https://doi.org/10.3389/fspas.2021.655450>

Abstract: This paper presents a review of ideas that interconnect astrochemistry and galactic dynamics. Since these two areas are vast and not recent, each one has already been covered separately by several reviews. After a general historical introduction, and a needed quick review of processes such as stellar nucleosynthesis that gives the base to understand the interstellar formation of simple chemical compounds (e.g., H₂, CO, NH₃, and H₂O), we focus on a number of topics that are at the crossing of the two big areas, dynamics and astrochemistry. Astrochemistry is a flourishing field that intends to study the presence and formation of molecules as well as the influence of them on the structure, evolution, and dynamics of astronomical objects. The progress in the knowledge on the existence of new complex molecules and of their process of formation originates from the observational, experimental, and theoretical areas that compose the field. The interfacing areas include star formation, protoplanetary disks, the role of the spiral arms, and the chemical abundance gradients in the galactic disk. It often happens that the physical conditions in some regions of the interstellar



medium are only revealed by means of molecular observations. To organize a rough classification of chemical evolution processes, we discuss about how astrochemistry can act in three different contexts, namely, the chemistry of the early universe, including external galaxies, star-forming regions, and asymptotic giant branch (AGB) stars and circumstellar envelopes. We mention that our research is stimulated by plans for instruments and projects, such as the ongoing Large Latin American Millimeter Array (LLAMA), which consists in the construction of a 12m sub-mm radio telescope in the Andes. Thus, modern and new facilities can play a key role in new discoveries not only in astrochemistry but also in radio astronomy and related areas. Furthermore, the research on the origin of life is also a stimulating perspective.

