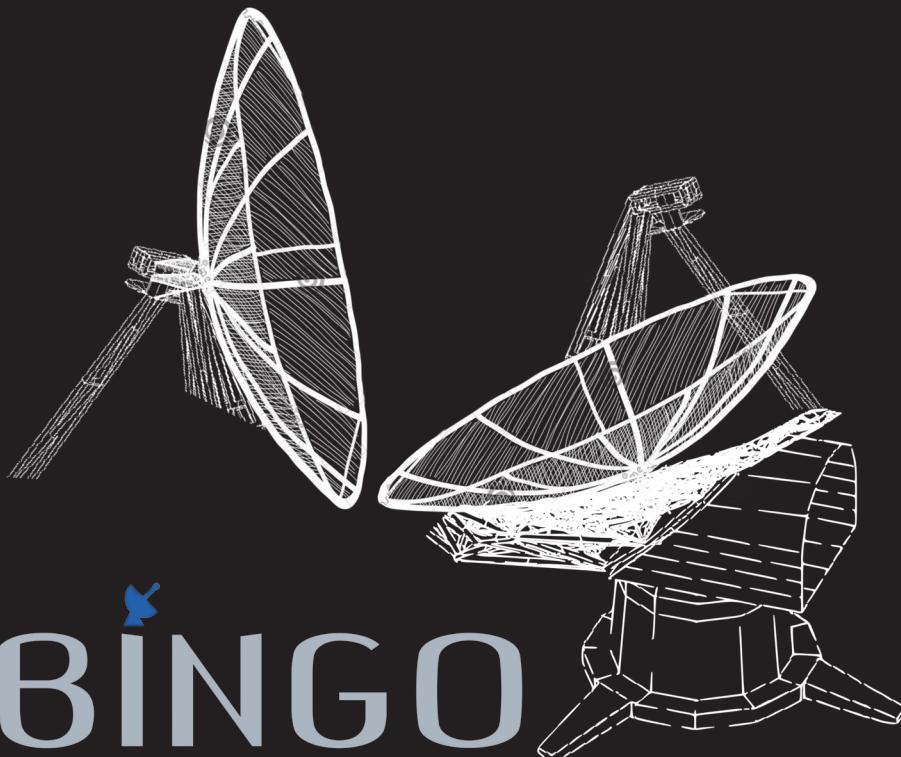


RESUMO EXECUTIVO

JUNHO
-2017-



BINGO

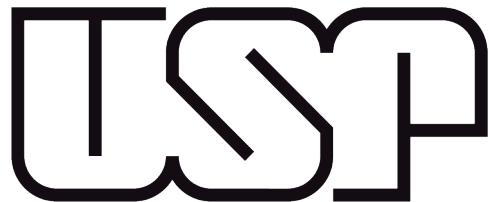
QUEM SOMOS?

COORDENADOR GERAL

PROF. DR. ÉLCIO ABDALLA



INSTITUTO DE FÍSICA DA USP.
RUA DO MATAO S/N
CIDADE UNIVERSITARIA
05508-090 - SAO PAULO, SP - BRASIL - CAIXA-POSTAL: 66318
TELEFONE: (011) 30917036



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



MANCHESTER
1824

The University of Manchester



UCL



ETH zürich



Graduação em Física pela Universidade de São Paulo (1975) e doutorado em Física pela Universidade de São Paulo (1977). Foi pesquisador associado em Hamburgo, Copenhagen, Trieste, CERN (Genebra) e Fudan (Shanghai). Atualmente, é professor titular da Universidade de São Paulo. Tem experiência na área de Física, com ênfase em Física das partículas elementares, gravitação e cosmologia, atuando principalmente nos temas: modelos integráveis, teoria da gravitação clássica, perturbações, energia e matéria escuras, buracos negros e holografia. Recebeu o prêmio Weisskopf do Instituto Abdus Salam, Trieste, em 1992. Orientou 23 doutorados, 22 mestrados e 15 pós-doutores. Tem cerca de 6000 citações de acordo com o Google Scholar. Atualmente coordena o projeto BINGO, radiotelescópio a ser construído para aferição de BAO através das observações da linha de 21 cm.

APOIO FINANCEIRO



O QUE É O BINGO?

O telescópio BINGO (BAO from Integrated Neutral Gas Observations, do inglês, BAO a partir de observações Integradas de gás neutro) é um instrumento projetado especificamente para observações e mapeamento de intensidade da emissão devida à transição hiperfina do hidrogênio neutro (HI) de galáxias distantes.

Essa emissão eletromagnética com comprimento de onda de 21cm está relacionada a era do Universo conhecida como era da recombinação e vem chamando a atenção de Físicos, Astrofísicos e Cosmologistas nos últimos anos graças as oportunidades únicas de investigar ciência de enorme relevância para a atualidade.

Nesse sentido, o telescópio BINGO faz parte de um concerto internacional de grandes experimentos espalhados pelo mundo, com o interesse nessa região do espectro eletromagnético, planejada para ser investigada de diversas formas. Nenhum deles ainda em funcionamento pleno, alguns programados para operar daqui há vários anos, sendo necessário o conhecimento da eficiência de várias técnicas que podem ser utilizadas, ou de fontes de erro, em particular para o experimento SKA (square-kilometer array), que compreenderá a construção de milhares de antenas de várias geometrias, espalhadas principalmente na Austrália e na África do Sul, tendo a previsão de conclusão da primeira fase prevista para 2023. Parte da equipe do BINGO trabalha também an equipe do SKA.

A proposta foca na simplicidade de sua construção, com um arranjo de dois espelhos parabólicos fixos de 40m de diâmetro, montados off-axis, com um conjunto de 50 receptores (cornetas) no plano focal, sem a necessidade de refrigeração de receptores e da eletrônica.

Essa é uma abordagem de relativamente baixo custo, desenhada para a operação da faixa de frequência de 0,96 GHz a 1,26 GHz.

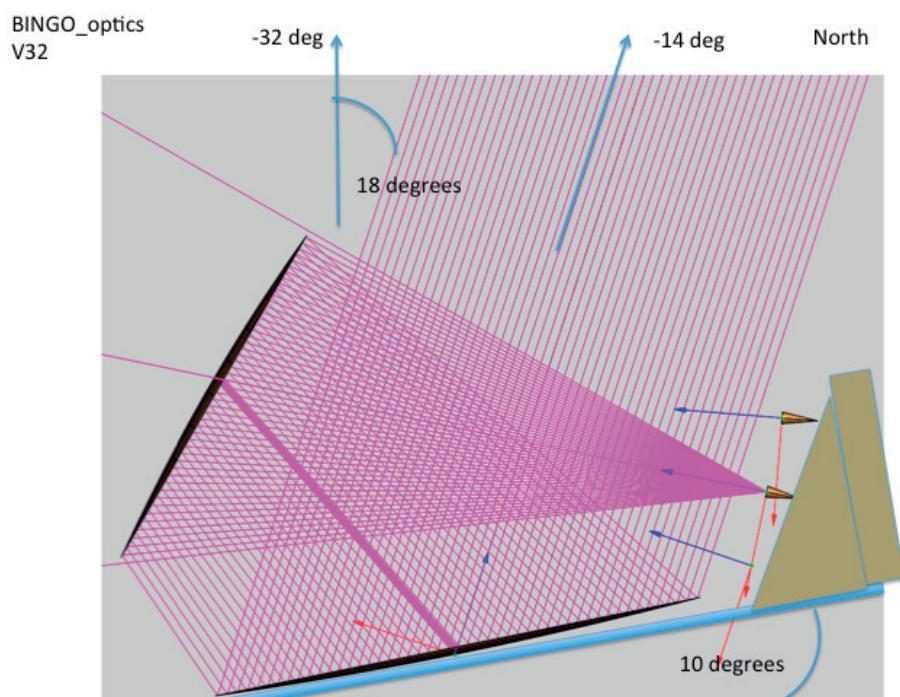


Fig. 1: Um dos possíveis arranjos ópticos do experimento.

Essa abordagem permite a observação do céu do hemisfério Sul próximo do equador, uma região com poucas observações no universo com valores de redshift $z=0,13 - 0,48$, quando o Universo tinha entre 8 e 12 bilhões de anos. É possível que o BINGO seja o primeiro radiotelescópio para o estudo de oscilações acústicas de bárions com mapeamento na região da linha de 21cm, tornando o desafio bastante excitante.

A concepção do equipamento tem procurado garantir os custos reduzidos com a construção, operação e manutenção, o que garante uma agilidade na construção para que sejam asseguradas a competitividade e o tempo de operação dentro de uma janela de oportunidade que se estende nesse momento.

A eletrônica necessária é de fácil aquisição no mercado brasileiro. Quase a totalidade dos equipamentos será desenvolvida no próprio INPE enquanto os espelhos parabólicos confecionados no Brasil em tela wiremesh. Podendo ser confeccionados no local de instalação do projeto ou transportados e montados posteriormente.

Análise dos dados durará cerca de 5 anos em sua finalidade principal, sendo realizada pela equipe do projeto em um consórcio multinacional envolvendo Brasil, Uruguai, Reino Unido, Suiça e China.

BINGO é um radiotelescópio de longo tempo de integração e alta sensibilidade, uma oportunidade científica e tecnológica de grande relevância para a comunidade brasileira cujo primeiro objetivo é estudo de oscilações bariônicas acústicas, relacionadas ao estudo do Universo primordial. Contudo o desenho do equipamento permite o estudo de diferentes e ricos fenômenos.

A CIÊNCIA DO

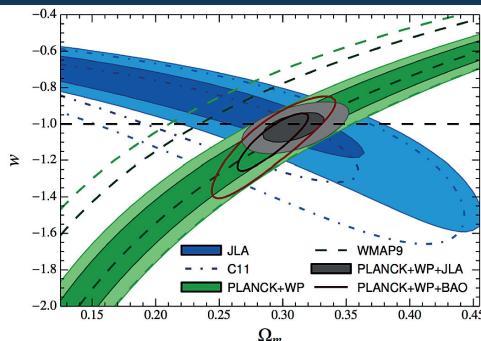


Fig.3: Regiões possíveis de parâmetros cosmológicos de acordo com a análise de supernovas, dados do satélite e oscilações acústicas de barions.

A principal motivação para a construção do radiotelescópio BINGO é o estudo das oscilações acústicas bariônicas (do inglês BAO - barionic acoustic oscillations).

Nos últimos tempos, novos resultados observacionais possibilitaram uma nova abordagem aos aspectos fenomenológicos da Relatividade Geral no contexto da Cosmologia. Estes resultados sugerem uma visão surpreendente do Universo em grandes escalas, que inclui a aceleração cósmica, medida em 1998 por grupos independentes.

Ela pode ser explicada postulando-se uma pressão negativa gerada a partir de um novo componente do universo, conhecido como Energia Escura. A combinação de diferentes observações, incluindo a Radiação Cósmica de Fundo em Microondas (CMB), as supernovas tipo Ia e as oscilações acústicas de bárions (BAOs) deixam poucas dúvidas sobre a existência desta componente e o foco principal da cosmologia observational é o estudo das propriedades detalhadas dessa importante componente do universo.

Os três últimas décadas marcaram o nascimento da cosmologia de precisão. Em uma série de grandes experimentos foi possível concluir a composição do Universo, como na figura 2.

Embora tenhamos uma informação bastante precisa no que diz respeito a proporção dos constituintes do Universo, nada se sabe sobre as propriedades da Matéria Escura ou da Energia Escura a não ser a sua exis-

OSCILAÇÕES BARIÔNICAS ACÚSTICAS

tência.

BAO é considerada uma das ferramentas mais poderosas para identificar as propriedades da energia escura, e pode ser identificada como uma assinatura na distribuição da matéria que aparece quando o Universo tinha cerca de 380.000 de anos (a chamada época de recombinação - Figura 1). No contexto do modelo cosmológico padrão (Λ CDM), BAOs manifestam-se como um pequeno excesso de galáxias numa escala de distância típica de ~ 150 Mpc. Essas oscilações são decorrente das mesmas oscilações que produzem as características dominantes vistas no espectro de temperatura do CMB.

Até o momento BAOs foram observados somente nos levantamentos de redshifts de galáxias, na faixa óptica do espectro eletromagnético e é importante que elas sejam confirmadas em outras bandas. A faixa do espectro eletromagnético mais adequada é a de rádio, através do mapeamento da intensidade de emissão em 21 cm da transição hiperfina do hidrogênio neutro (doravante HI) de galáxias distantes.

O telescópio BINGO é um instrumento projetado para este tipo de observação. Seus resultados fornecerão a primeiras medidas de BAOs em rádio e darão uma contribuição fundamental para o estudo da energia escura. O objetivo é ser o primeiro instrumento a detectar BAO na faixa de rádio (~ 30 cm) e mapear a distribuição tridimensional de HI em cerca de dois anos de observações. Para projetar, construir e operar o BINGO, foi estabelecida uma colaboração internacional entre Brasil, Uruguai, Reino Unido e Suíça.

Uma abordagem comum para estudar a estrutura em larga escala do Universo (LSS) é realizar um grande levantamento de redshifts de galáxias distantes, na faixa óptica do espectro, e dele inferir o contraste de densidade e a função de correlação de dois pontos. Na banda de rádio, a

emissão predominante, mas de baixa intensidade, é a linha de 21 centímetros do HI. Isso significa que a detecção de galáxias individuais em $z \sim 1$ (uma luz que foi emitida quando o universo tinha cerca de 6 bilhões de anos) requer instrumentos de área muito grande (milhares de m^2), o que motivou a proposta do SKA (Square Kilometer Array). Uma ideia inovadora envolve a medida da emissão integrada da LSS, em vez de estudar

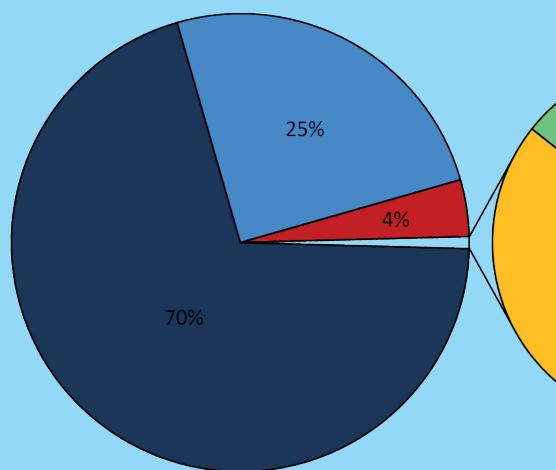


Fig.2: Esquema da composição do Universo, com o conhecimento atual do WMAP.

objetos individuais, numa técnica conhecida como mapeamento de intensidade.

O acesso a nova astrofísica de 21cm pode permitir compreender melhor a componente de matéria escura do Universo, por meio do estudo das oscilações de bárions e da reionização do Hidrogênio Neutro do Universo, no momento da formação de suas primeiras estrelas e galáxias. Isso se deve ao fato de que o tamanho dessas oscilações no espectro de CMB servirem como réguas padrão para as medidas da expansão do Universo.

EXPERIMENTO

PULSARES

Pulsares são objetos cósmicos que estão no final do ciclo de evolução estelar, em que a matéria está em condições extremas completamente inacessíveis a experimentação terrestre.

BINGO pode estudar pulsares na radiofrequência em que ele atua, oferecendo maneiras de testar hipóteses acerca da evolução estelar e do comportamento da matéria, mas principalmente, pode oferecer um laboratório de testes importante para a Relatividade Geral.

O estudo desses objetos ou a descoberta de novos objetos é de grande relevância para a ciência e sua busca pode ocorrer de maneira sistemática no equipamento, enquanto ele executa sua função principal.

LINHAS DE RECOMBINAÇÃO GALÁCTICA

No meio interestelar galáctico podem surgir átomos por recombinação em grandes números atômicos. A estrutura delicada desses átomos pode fornecer informações importantes sobre as características do meio em que se formou, como a densidade e a temperatura.

O conhecimento das características do meio intergaláctico são de difícil acesso por meios óticos convencionais e são de grande interesse astrofísico e para o estudo da dinâmica da galáxia.

A recombinação produz ondas eletromagnéticas, algumas das quais podem estar na faixa de funcionamento do telescópio.

EMISSÃO SÍRCOTON DIFUSA

Aperspectiva da cosmologia de 21cm que se torna cada vez mais real tem como principal ameaça a grande quantidade de ruído que é produzida nessa faixa de frequência.

Pulsos rápidos de rádio (FRB) são fenômenos astrofísicos de alta energia recentemente descobertos.

Depois de intenso debate ficou estabelecido que esse fenômeno ocorre em galáxias distantes e poucas centenas dele foram observadas.

Ele é observado como um pulso curto de onda de rádio, que pode ser detectado em grandes telescópios ou em arranjos de múltiplos telescópios.



Adaptado por A. Calvin para wikicommons, de acordo

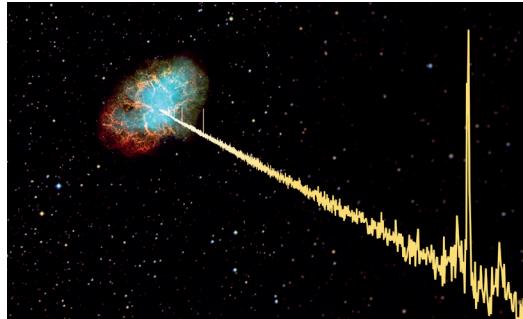


Fig.4: O Pulsar da constelação de caranguejo e um seu pulso durante 1s. Imagem em www.astro.uva.nl/research/compacts/radio-pulsars.

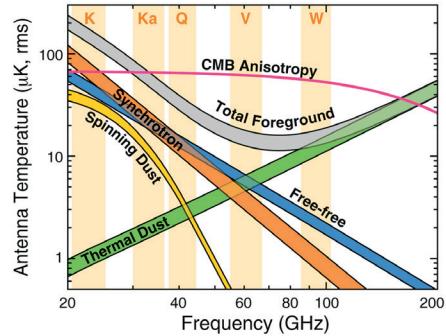


Fig.6: Visão da contribuição dos diferentes sinais para a radiação cósmica de fundo. WMAP

PULSOS RÁPIDOS DE RÁDIO

Enecessário estudar a região onde ocorreu o fenômeno, para conhecer a sua causa, que pode estar relacionada com uma física nova.

BINGO não é um telescópio de varredura, mas pode colaborar com a determinação de uma fonte como esta com grande resolução, desde que esteja medindo na direção correta no momento. Esse é um campo inteiramente novo.

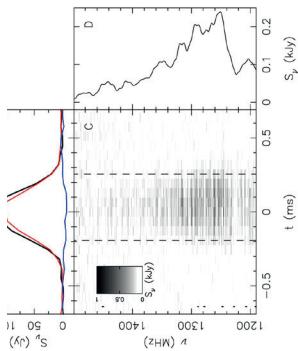
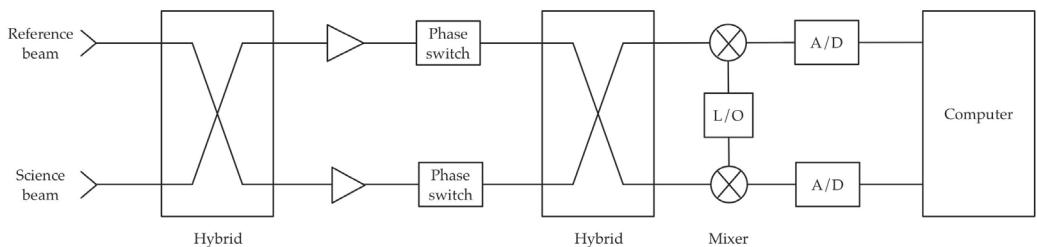


Fig.7: Polarização e propriedades espetrais de FRB 150807. (Ravi et al. [astro-ph:1611.05758](https://arxiv.org/abs/1611.05758))

RECEPTORES

A eletrônica dos receptores será composta por componentes comerciais de altíssima qualidade e baixo custo, de fácil aquisição ou produção pela indústria brasileira. O protótipo será montado e testado por membros da colaboração e a produção dos 50 receptores, bem como algumas partes de reserva, será integrada por uma empresa comercial, de acordo com o projeto especificado, e testado nas instalações do INPE. A Figura 8 contém um diagrama esquemático do receptor. As especificações técnicas dos módulos necessários encontram-se na Tabela 1.



Características do Receptor

Temperatura do Sistema	35K
Número de Cornetas	50
Faixa de Frequência	0.96 - 1.260 MHz
Largura do Canal	<1MHz
Frequência de Joelho(Knee)	~1mHz

ARRANJO FOCAL

O projeto atual contempla um plano focal de 16m x 15m, com cornetas de 1,8 m de diâmetro e 4,8 m de comprimento. Uma empresa em S. José dos Campos fabricará as cornetas e um protótipo já encontra-se em desenvolvimento, devendo ser entregue para testes no início de setembro de 2017. A forma do feixe e os padrões de polarização são mostrados na Figura 7. Os parâmetros utilizados nas simulações do feixe encontram-se listados na Tabela 9.

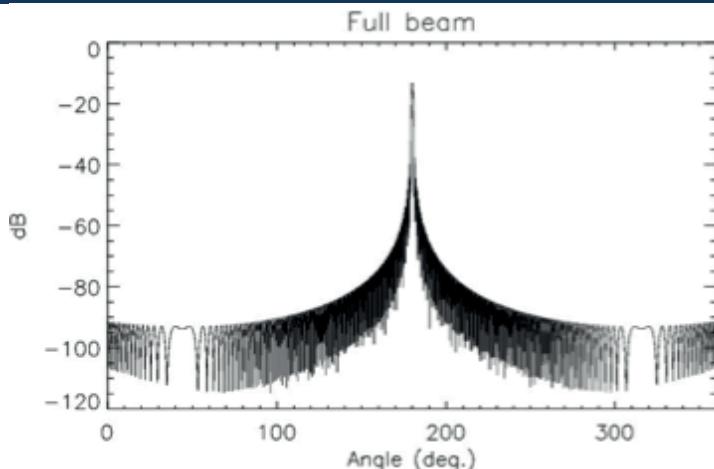


Fig.8: Simulação do feixe para uma parábola de 40m.

Características do Arranjo Focal

Resolução Angular	40' @ 1,1 Ghz
Campo de visão	10 graus (dir. zenital)
Perda de Ganho nas bordas	<1dB
Elipticidade do feixe	<0,1
Polarização cruzada	<-30dB

JUMENTO

PROJETO ÓPTICO

OBINGO usará 2 espelhos de $\sim 40\text{m}$ de diâmetro de abertura, com uma resolução de cerca de $0,5^\circ$, um campo de visão de $\sim 10^\circ$. A estrutura deverá ser vazada, do tipo "wire-mesh". As simulações do padrão de feixes assumem componentes perfeitos e cornetas Gaussianas. Os resultados estão resumidos na Tabela 3.

Aprodução do espelho deve ser realizada com uma precisão inferior a 1 mm para que as especificações do equipamento sejam alcançadas.

A responsabilidade pela construção do espelho é brasileira e deve ser realizada pela indústria nacional em um trabalho conjunto com a obra civil para o suporte da estrutura e posicionamento dos espelhos segundo o pro-

jeto óptico escolhido.

Os espelhos podem ser produzidos em folhas, transportados e montados no sítio ou a estrutura pode ser montada no local.

Resultados da Simulação do feixe - Espelho dual			
Posição	$t = 0\text{m}$	$r = 6\text{m}$	$r = -7\text{m}$
Ganho	51,68dB	51.45dB	51.22dB
Cross-pol	-60dB	-43dB	-41dB
Elipticidade	0,7	0,4	10
Posição no céu	0 deg	-5 deg	6,3 deg

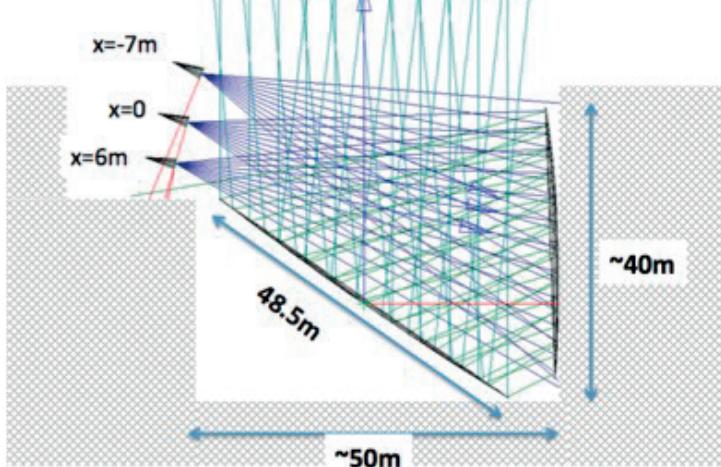


Fig.9: Configuração possível para o telescópio. Topografia montanhosa com grandes desniveis.

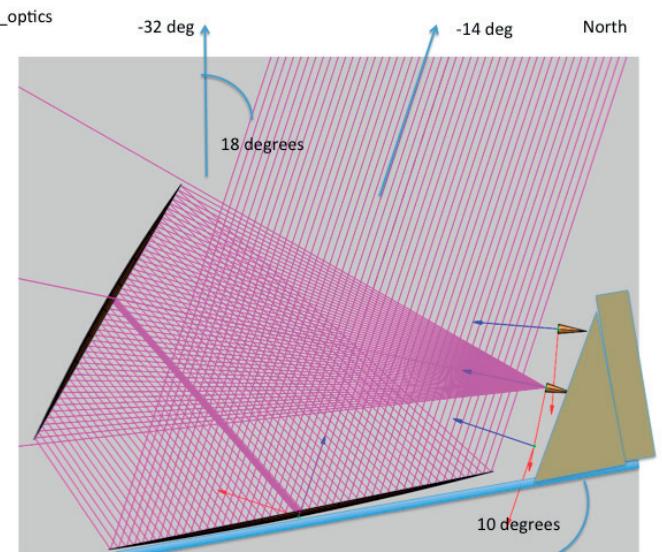


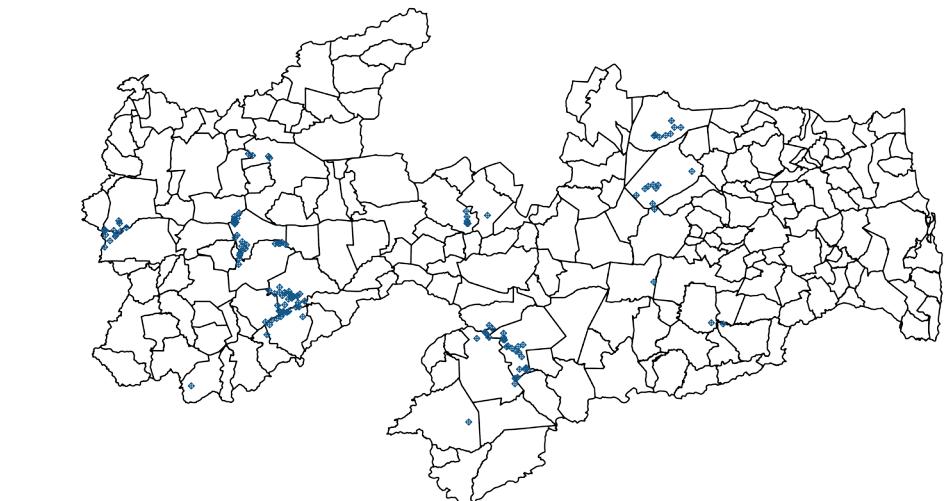
Fig.10: Configuração possível para o telescópio. Topografia plana.

ONDE VAMOS FUNCIONAR

Na região de comprimento de onda de 21cm existe uma grande quantidade de sinais concorrentes que são considerados ruídos para a ciência que se quer desenvolver. Esse ruído é oriundo de diversos outros fenômenos físicos que acontecem no espaço interestelar, sobre o qual não temos nenhum controle, mas sobre o qual podem-se desenvolver estudos que o caracterizem de maneira suficientemente acurada para que o sinal desejado do espectro do hidrogênio neutro possa ser extraído.

Também existem várias fontes de ruído em nosso próprio planeta, uma vez que essa faixa de frequência entre UHF e SHF são bastante utilizadas em sistemas de comunicação. Em particular, podemos ver na figura o plano de atribuição de frequências brasileiras em conformidade com a ANATEL. Esse plano sofre ligeiras alterações de país para país, mas em todos eles há a garantia de que a comunicação móvel para telefones celulares seja uma forte fonte de ruído. Radionavegação aeronáutica por transponder é outro sinal bastante complicador e a comunicação com satélites GPS, principalmente. Dessa forma, o experimento deve ser localizado em uma região suficientemente isenta de sinal de celular, afastada das linhas aéreas movimentadas, de casas que utilizem equipamentos de microondas, transformadores de alta energia que possam produzir qualquer tipo de faísca e preferencialmente fora da região de comunicação por satélites.

Osítio que satisfaça esses requisitos deve ser necessariamente afastado de grandes centros e devem ser necessárias obras de infraestrutura e cuidados com a segurança do equipamento. Consideramos uma estratégia fundamental o engajamento da comunidade local com o



experimento para possibilitar a execução das obras e a manutenção do sítio nas melhores condições.

Originalmente localizou-se um sítio no Uruguai, na latitude -32°, suficientemente afastado de regiões habitadas e com pouco ruído eletromagnético, no qual poderia ser mapeado o céu e utilizar como referência o polo sul galáctico e o conhecimento acumulado de outros experimentos operando nessa faixa de latitude.

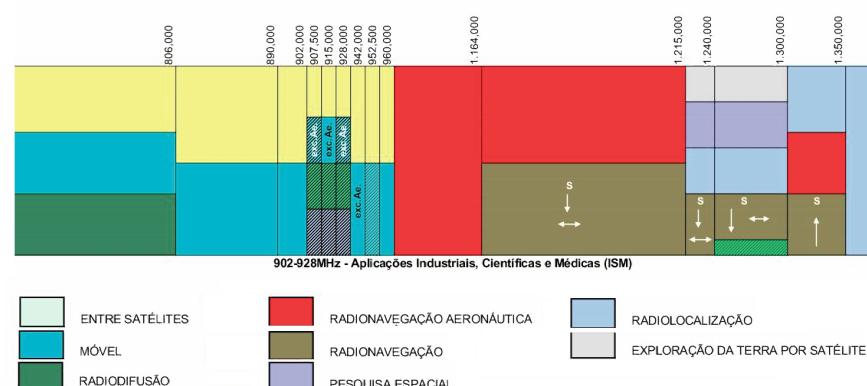
Existem vários complicadores de infraestrutura relacionados ao sítio original e surgiu a possibilidade de localizar o experimento no estado da Paraíba.

Uma campanha prévia da equipe foi capaz de mapear alguns pontos com qualidade de sinal suficiente para a instalação do equipamento. Durante essa campanha pudemos observar uma grande aceitação da população local e uma análise teórica dos dados de georeferenciamento de esta-

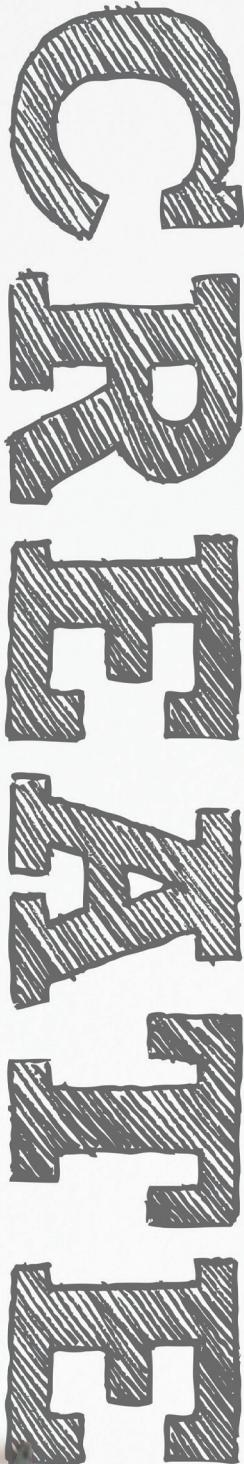
ções base de radiofrequência (ERBs) e linhas aéreas permitiu identificar algumas áreas para uma busca mais aprofundada do local.

Realizamos medidas in loco na região do Serrote das Flores (São José de Piranhas), Serra da Catarina (São José da Lagoa Tapada), Vale dos Dinossauros (Sousa), Emas. Pretendemos ainda observar pontos na região do Cariri Paraibano (Serra Branca, Camalaú e São João do Tigre) e do Curimataú (Barra de Santa Rosa e Araruna).

Estamos em planejamento para uma próxima campanha no mês de Julho para a definição definitiva da localização do experimento, para que se possa iniciar a etapa de negociações necessária acerca do uso da terra, levantamento da necessidade e custo da infraestrutura e o levantamento para a realização do projeto executivo da obra.



OPORTUNIDADES



- * PIONEIRISMO BRASILEIRO NA OBSERVAÇÃO DE BAO EM 21CM.
- * CONSTRUÇÃO DO PRIMEIRO RADIOTELESCÓPIO DO NORDESTE BRASILEIRO.
- * MAPEAMENTO DO CÉU EM UMA REGIÃO COM RELATIVAMENTE POUCA INFORMAÇÃO.
- * OPORTUNIDADES DE DESENVOLVIMENTO DE FÍSICA, ASTROFÍSICA E COSMOLOGIA NO ESTADO DE ARTE.
- * FORMAÇÃO DE PESQUISADORES COMPETITIVOS EM UMA ÁREA CRESCENTE INTERNACIONALMENTE E CHEIA DE OPORTUNIDADES.
- * FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS NAS ÁREAS DE ENGENHARIA CIVIL, MECÂNICA, ELETRÔNICA, RADIOASTRONOMIA E COMPUTAÇÃO DE ALTO DESEMPEÑHO.
- * OPORTUNIDADE DE ESTÁGIO PARA OS ALUNOS DOS CURSOS DE ENGENHARIA EM UM PROJETO INTERNACIONAL DE GRANDE PORTE.
- * OPORTUNIDADE PARA A INDÚSTRIA NACIONAL DE COMPONENTES ELETRÔNICOS, ENGENHARIA CIVIL E MECÂNICA.
- * MELHORIA DISCRETA NA INFRAESTRUTURA DAS ÁREAS RURAIS DE MUNICÍPIOS PRÓXIMOS.
- * IMPACTO NA ATIVIDADE ECONÔMICA LOCAL DURANTE A FASE DE CONSTRUÇÃO DO EQUIPAMENTO SEMELHANTE A IMPACTO CAUSADO COM A IMPLANTAÇÃO DOS CAMPUS DE CUITÉ, POMBAL E SOUSA EM SEUS DOIS PRIMEIROS ANOS.
- * ESTABELECIMENTO DE PARCERIAS COM AS SECRETARIAS DE EDUCAÇÃO ESTADUAL E MUNICIPAIS PARA O TRABALHO DE EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS DE MANEIRA SISTEMÁTICA E PLANEJADA, COM A CAPACITAÇÃO DE PROFISSIONAIS DE EDUCAÇÃO E VISITAS.
- * PARCERIAS COM AS INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR PARA O ESTABELECIMENTO DE LINHAS DE EXTENSÃO DEDICADAS À EDUCAÇÃO CIENTÍFICA DE MANEIRA PERMANENTE.

NOSSOS DESAFIOS

- * PARCERIAS COM O PODER PÚBLICO LOCAL PARA O DESEMBARAÇO DO USO DA TERRA NECESSÁRIA PARA A INSTALAÇÃO DO EQUIPAMENTO.
- * PARCERIAS COM OS ENTES RESPONSÁVEIS PELA INFRAESTRUTURA ELÉTRICA: GOVERNOS ESTADUAL, MUNICIPAL E AS CONCESSIONÁRIAS DE ENERGIA.
- * PARCERIAS COM OS ENTES RESPONSÁVEIS PELA INFRAESTRUTURA DE INTERNET: CONTATOS COM A FAPESQ E A RNP PARA O USO DO LINK DE DADOS.
- * CONTATO COM O PODER PÚBLICO PARA O ESTABELECIMENTO DE UMA "REGIÃO DE SILENCIO" PARA AS OPERADORES DE TELEFONIA MÓVEL POR PELO MENOS 5 ANOS, DE MANEIRA NEGOCIADA E RESPONSÁVEL, PARA PERMITIR A REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO PELO TEMPO NECESSÁRIO E PARA NÃO IMPACTAR NO NATURAL DESENVOLVIMENTO REGIONAL.
- * LICENCIAMENTO AMBIENTAL.
- * ELABORAÇÃO DE UM PROJETO EXECUTIVO DENTRO DO ORÇAMENTO, LEVANDO EM CONTA A TOPOGRAFIA DO SÍTIO.
- * TRANSPORTE DO MATERIAL ELETRÔNICO E DA ANTENA PARA O SÍTIO, QUE PODE ESTAR EM UMA REGIÃO POUCO ACESSÍVEL.
- * CONSTRUÇÃO DA ANTENA NO SÍTIO, COM A MOBILIZAÇÃO DE EQUIPES DO INPE E DE EMPRESAS DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS PARA COLABORAÇÃO COM EMPRESAS LOCAIS DE ENGENHARIA MECÂNICA.
- * ESTABELECIMENTO DE COLABORAÇÕES COM A INICIATIVA PRIVADA NA ÁREA DE TELECOMUNICAÇÕES E DE COMPUTAÇÃO DE ALTO DESEMPENHO.
- * PARCERIAS COM EMPREENDEDORES LOCAIS QUE POSSAM TER INTERESSE EM COLABORAR COM O DESENVOLVIMENTO DA CIÊNCIA BRASILEIRA.
- * CONTATO COM PARLAMENTARES DA PARAÍBA PARA A DEFINIÇÃO DE POSSÍVEIS APORTES VIA EMENDAS PARLAMENTARES PARA O ORÇAMENTO DE 2018, COM FOCO NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DO PROJETO, INFRAESTRUTURA E CONSTRUÇÃO CIVIL.
- * DEFINIÇÃO DO MODELO DE SEGURANÇA DO EQUIPAMENTO, CERCAMENTO, CONSTRUÇÃO DE GUARITAS E DEFINIÇÃO DO TIPO DE SERVIÇO, TERCEIRIZADO OU NÃO, COM GUARDA ARMADA OU PORTARIA.

ORÇAMENTO

O BINGO é um telescópio de custo relativamente baixo, comparado a outros projetos na área de astronomia, e produzirá uma ciência de grande impacto. Grande parte dos componentes e subsistemas do projeto pode ser construída ou comprada no Brasil pelos centros de pesquisa e/ou pela indústria brasileira. Essa política poderá qualificar recursos humanos nas áreas de engenharia mecânica, civil e eletrônica, radioastronomia e computação de alto desempenho. Isso irá qualificar muitos cientistas e técnicos e ajudar a indústria brasileira a se

desenvolver. Este projeto pretende realizar a primeira medida de BAOs na faixa de rádio, cerca de 8 anos antes do grande projeto de radio astronomia no mundo atual: o SKA, servindo de “pathfinder” para o mesmo. Isso, de fato, já ocorre, uma vez que membros do BINGO também fazem do time do SKA, cujo escritório encontra-se no Observatório de Jodrell Bank, na Universidade de Manchester.

O financiamento para o BINGO pode ser dividido em três áreas principais: os receptores (incluindo backends digitais) e alimentadores; o

telescópio em si (cornetas e parábolas); infraestrutura e mão de obra técnica, incluindo gerenciamento de projetos. A FAPESP concedeu financiamento no valor de R\$ 12.277.000,00, que cobrirá o custo de construção das cornetas, receptores e várias outras despesas referentes à execução do projeto, incluindo custo de importação de componentes. A estimativa de custo total do BINGO encontra-se na Tabela 4. O Brasil é responsável pela construção das cornetas, receptores, parábolas e projeto executivo da estrutura do telescópio.

Orçamento			
<i>Receptores e componentes secundários</i>	R\$ 4.494.619,41	<i>Transporte</i>	R\$ 400.000,00
<i>Projeto Executivo</i>	R\$ 222.231,58	<i>Construção de estrutura</i>	R\$ 6.000.000,00
<i>Cornetas e Polarímetros</i>	R\$ 6.723.642,00	<i>Operação Mensal</i>	R\$ 10.000,00
	TOTAL		R\$ 17.850.492,99

ORGANIZAÇÃO E PRAZOS

Um projeto como o BINGO requer uma pequena equipe de engenharia de projeto, responsável pela organização e acompanhamento da execução das tarefas. Tal equipe deveria ter, pelo menos, o equivalente a um Cientista de Projeto, Gerente de Projeto e Engenheiro de Projeto. O cientista do projeto pode ser um membro designado da equipe científica existente e as outras duas funções os outros papéis, provavelmente, exigirão a contratação de profissionais em tempo integral. A solução adotada pelo BINGO é ter um cientista de projeto encarregado da construção das cornetas, espelhos e receptores, um gerente de projetos encarregado do acompanhamento das tarefas e um engenheiro de projetos (servidor do INPE) atuando como consultor em tempo parcial.

O trabalho de construção pode ser dividido em 3 fases. As fases 1, 2 e 3 envolvem, respectivamente: 1)

Construção dos protótipos do receptor e cornetas, escolha do sítio dentre os possíveis sítios já visitados, projetos executivos da estrutura do telescópio e dos espelhos; 2) Construção das 50 cornetas, 50 receptores, da estrutura para receber espelhos e cornetas e preparação do sítio para operação (incluindo o fornecimento de energia elétrica, internet e segurança); 3) início da operação, comissionamento do instrumento, manutenção, armazenamento e disseminação dos dados. A atuação científica dar-se-á, principalmente, na Fase 3.

A análise de dados será desenvolvida por todos os grupos alinhados. A maior parte da produção dos componentes, confecção das cornetas, receptores e espelhos, projeto executivo e fabricação da estrutura do telescópio é responsabilidade do Brasil. Brasil e Uruguai conduzirão a construção do telescópio e o Reino Unido e Suíça supervisionarão a cons-

trução dos receptores, também feitos no Brasil.

A elaboração do software de análise de dados é de responsabilidade do Reino Unido, mas conta com a participação direta de membros brasileiros. A maior parte do financiamento do projeto (cerca de 70%) é brasileira, dando aos membros uma posição de liderança nas principais tomadas de decisão, tanto na parte de engenharia quanto na parte científica.

O cronograma atual de trabalho prevê o encerramento da Fase 1) em dezembro de 2017, o encerramento da Fase 2) no início de 2019 e o início da Fase 3) durante o primeiro semestre de 2019.

